

Ф 69664

СБОРНИК НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СТАТЕЙ КМЗ

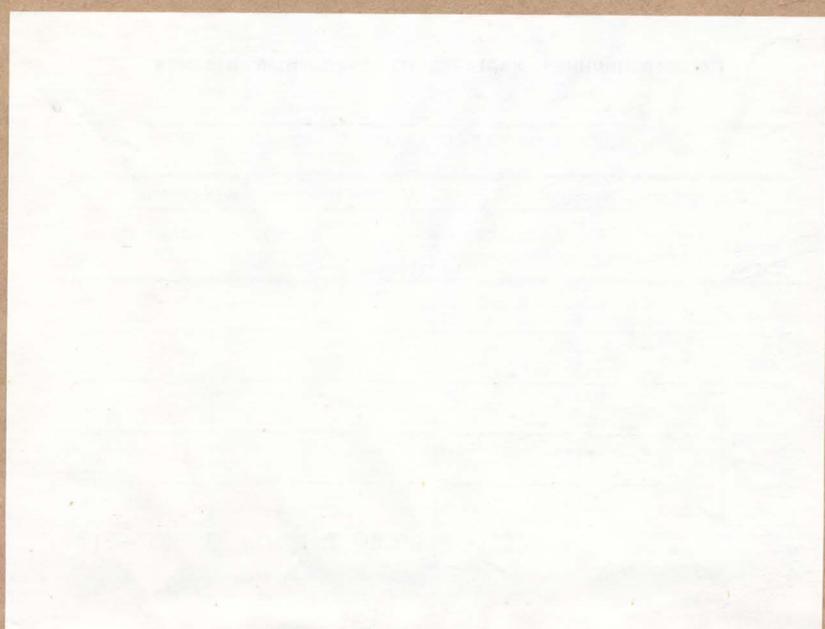


№ 3

1940 г.

КУЗНЕЦКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД
ИМ. СТАЛИНА

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
540 EAST 57TH STREET
CHICAGO, ILL. 60637



Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

КУЗНЕЦКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД имени И. В. СТАЛИНА

1953 ГБУзССР
12010

34.3
С 23

СБОРНИК НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СТАТЕЙ КМЗ

№ 3



ЖКТ

Год издания третий

302168
3 III

ИЗДАНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ КМК

г. СТАЛИНСК

1940

1955 г.

Кемеровская областная
научная библиотека
Краеведческий фонд
№ Ф 69664

А

О качестве металла и состоянии технологии на металлургических заводах

Выступление Народного Комиссара черной металлургии СССР тов. ТЕВОСЯНА.

Наркомат черной металлургии недавно занялся изучением вопроса: почему только 55—60 проц. от всей выплавляемой у нас стали идет на выполнение заказов по прокату для основных, важнейших заказчиков? Анализ этого явления показал, что основные причины коренятся во все еще низком уровне технологии производства чугуна, стали и проката.

Ни одна отрасль промышленности, в том числе, разумеется, и черная металлургия, не может быть поднята на должную высоту без того, чтобы не была поднята технология. Там, где нет налаженной технологии, грамотного технологического процесса, записанного и строго выполняемого, — нет культуры в промышленности.

История нашей металлургии за последние годы в этом нас неоднократно убеждала. Когда мы приступили в 1932 г. к широкому выпуску качественных сталей, то оказалось, что на заводах «Спецстали» вопросы технологии не были налажены,

заводские работники не овладели еще основами технологической культуры. На созванном в 1933 г. съезде по качественным сталям был разработан единый технологический документ, на основе которого заводы начали работать.

Заводы южной металлургии и заводы большой металлургии (Магнитогорский, Кузнецкий и т. д.) такого документа до сих пор не имеют, нет документа, где были бы изложены основы технологии, которыми бы завод мог руководствоваться. Иначе говоря, до сих пор нет системы, нет единого технологического документа. Наркомчермет теперь создает такой документ, ибо вопросы технологии — основные и главные в борьбе за новый подъем черной металлургии.

До сих пор мы занимались преимущественно вопросами количественного выполнения плана, количеством известняка, руды, кокса, которых зачастую не хватало. Сейчас нужно сделать переворот в умах металлургов, нужно повести людей

*) Перепечатано из газеты „Черная металлургия“ № 1 от 1 октября 1940 г.

на борьбу за налаживание технологии, за освоение высокой технологической культуры во всех цехах, во всех переделах. Если мы этого не сделаем, — толку не будет. Останутся обычные стандартные разговоры о том, что такой-то завод выполняет заказы лишь на 70 проц., такой-то на 80 проц. и т. д. Надо взяться как следует за организацию технологии, тогда у нас значительно улучшится выполнение заказов по прокату, резко повысится выход первых сортов.

Где мы больше всего теряем? Прежде всего — в доменном цехе на **качестве чугуна**. Вследствие неравной работы печей и пренебрежения к постоянству шихтовки, содержание кремния и серы в чугунах скачет. В результате часты случаи, когда анализы чугунов на печи меняются по 3—5 раз в сутки. Мартеновцы вынуждены брать в доменных цехах такой чугун, какой им дают. Металл, как правило, заливается в мартеновскую печь вслепую. Между тем 65 проц. составной части шихты, идущей в мартеновскую печь, — это чугун. Начальник мартеновского цеха и сталевары заливают чугун в мартеновскую печь, имея в виду определенное содержание в нем кремния, а в печи по расплавлению оказывается совсем иное содержание. Надо так поставить дело, чтобы заставить доменщиков давать кондиционный чугун, и ни одной копейки премии не платить за чугун, который имеет от-

клонения от внутривозовского стандарта.

Надо понять, наконец, что кондиционность чугуна определяет судьбу 65 проц. состава шихты мартеновской плавки, что мы теряем из-за непопадания в анализ на мартене 6,9 проц. стали.

Второй узловой вопрос металлургической технологии — это **скрап**, который составляет 35 проц. от всей шихты. Я спрашивал у директора завода им. Дзержинского тов. Крамера: почему мартеновцы шихтуют вслепую? Почему сам начальник цеха не шихтует?

Ответ последовал на это такой: — А как же он может знать шихту? Ведь скрап дают копровики с колес, а что копровики сегодня разделявают, начальник мартеновского цеха не знает...

Но разве нельзя сговориться с копровиками накануне и заранее узнать, какой скрап они будут разрабатывать?

Третье звено — **ферросплавы**. Они тоже даются в печь «на-глазок». Говорят, взвешивать их очень трудно. Весы, мол, в одном конце цеха, а печей много: пока пойдут взвесят, да пока принесут — много времени уйдет. Я говорил таким скептикам: а нельзя ли, пока идет расплавление, заранее заготовить нужные ферросплавы, взвесить порции в 20, в 30, в 50 и в 100 килограммов, разложить все это аккуратными кучками у печей и спокойно, без суеты, пользоваться нужными фер-

росплавами и в нужных количествах. Ведь все это отнюдь несложно проделать.

Нужно жестко взять в руки мастеров сталеплавильных цехов и заставить их поработать над судьбой каждой плавки. Например, часто бывает так: плавка идет, ковш задержался, — углерод оказался уже ниже заданного анализа. В таких случаях что делают? Добавляют чугун. Но некоторые мастера рассуждают так: чего там возиться, выпустим — все равно заказчик найдется... А если бы мастер и сталевар знали, что за это им ни копейки не заплатят, вряд ли они так беспечно отнеслись бы к судьбе плавки.

Любую плавку ведь можно исправить. Есть для этого простые способы, но у нас часто не хотят поработать над плавкой. Считают, что это хлопотно. Но мы с такими настроениями не можем и не будем мириться.

Начальники главков, главные инженеры, технологи, которые бывают на заводах, должны сейчас весь упор взять на то, чтобы заставить мастеров сталеплавильных цехов поработать над плавкой. Преодолеть все затруднения, но дать ту плавку, которая заказана. Если ты мастер, то должен владеть искусством сталеварения и добиваться того анализа, который задан.

Следующее звено — **разливка стали**. Знакомство с заводской практикой нам показало, что грамотной разливки в мартеновских цехах не видно. Основное искусство

в разливке стали — это регулировать скорость наполнения изложницы. Никто этим элементарным способом не пользуется для того, чтобы получить нужное качество металла. Неплотные слитки, подкожные пузыри, поверхностные дефекты — все это результат того, что на заводах не регулируют скорость разливки.

Люди боятся, как бы металл не остыл в ковше, стремятся скорее опорожнить ковш. Кому это нужно? Там, на верхней площадке, хлопчут над плавкой 8—10 часов, а здесь, в литейном пролете, сводят на-нет всю эту работу.

В результате безграмотной разливки мы вынуждены заниматься зачисткой огромной массы слитков и заготовки. За границей гораздо меньше чистят заготовку, а мы чистим без конца. У нас на многих заводах стало даже нехватать зачистных средств. Не проще ли резко улучшить качество разливки, навести здесь технологический порядок?

Важнейшее условие нормальной работы прокатных цехов — это **правильный нагрев металла**. На заводах Юга еще нет той культуры, которая существует на наших же заводах качественных сталей.

Настало время всерьез и основательно взяться за технологию в металлургии. Наркомчермет в своей политике делает резкий упор на вопросы технологии. Именно они являются самыми отсталыми и самыми неупорядоченными на наших заводах.

Т Е З И С Ы

доклада главного инженера КМК тов. ВАЙСБЕРГА Л. Э. на партийно-технической конференции ПО КАЧЕСТВУ МЕТАЛЛА

Введение

Решением XVIII съезда ВКП(б) во весь рост поставлена задача догнать и перегнать также в экономическом отношении наиболее развитые капиталистические страны, что требует дальнейшего значительного роста, технического вооружения всех отраслей народного хозяйства, в том числе всемерного развития машиностроения, тяжелой промышленности и решительного улучшения всей организации и строжайшей дисциплины технологии производства с широким внедрением новейших достижений науки и изобретений и высокое освоение техники в промышленности, на транспорте и сельском хозяйстве.

Это обязывает металлургов СССР удвоить в течение III-й пятилетки выпуск качественного проката и непрерывно повышать качество выпускаемого металла, идущего на нужды обороны страны, на транспорт, машиностроение и др. отрасли народного хозяйства.

Рост требований к качеству металла неразрывно связан с возрастающими темпами индустриализации и механизации всего народного хозяйства СССР.

Исходя из этих требований, сортament металла нашего Кузнецкого завода сейчас почти целиком состоит из качественных марок стали: спецзаготовка, рессорная заготовка,

осевая заготовка, заготовка для цельнотянутых труб, рельсы ж. д., марганцевистая судосталь, балки №№ 50, 55, 60 и т. д.

Вся продукция производится по определенным требованиям в отношении анализа, механических свойств, структуры и чистоты поверхности и проходит приемку по указанным требованиям. Поэтому для всей продукции завода вопросы улучшения качества играют главенствующую роль.

Увеличение парка мощных паровозов (ФД, ИС, СУ) и большегрузных вагонов и увеличение скоростей движения поездов требуют повышенного качества металла для паровозо- и вагоностроения (оси, балки, швеллера), для рельсов и мостостроения.

Развитие автомобильной и тракторной промышленности вызывает необходимость выпуска качественного металла для автотракторостроения, в частности, хромистой и кремнистой рессорной стали.

Судостроительная промышленность и строительство новых грандиозных объектов сталинской эпохи — московского метрополитена, Дворца Советов и др., требуют освоения новых профилей, новых марок низколегированной стали, марганцевистой, марганцевомедистой, хромомедистой и др., так как от прокатываемых из них изделий тре-

буется, помимо значительно улучшенных механических свойств, также и высокая износостойчивость, способность противостоять разъедающему действию морской воды и атмосферных влияний.

II. Динамика качества металла КМЗ и расходных коэффициентов за время, прошедшее от предыдущей конференции

За год с лишним, прошедший после предыдущей партийно-технической конференции, по ряду основных видов продукции завода произошли некоторые сдвиги в направлении улучшения качества и снижения расходных коэффициентов металла на тонну товарного проката. Однако, особенно неудовлетворительным продолжает оставаться вопрос с расходными коэффициентами на трубную сталь и спецзаготовку (таб. 1).

циенты расхода металла являются достаточно выгодными, то это с особой остротой ставит задачу улучшения качества слитка, резкого уменьшения расхода металла и значительного увеличения выпуска проката.

III. Мероприятия, осуществленные в направлении улучшения качества металла и снижения расходных коэффициентов

В указанный выше период между конференциями проведены в жизнь следующие организационные и технологические мероприятия, давшие положительный результат в смысле улучшения качества металла:

1. Разливка рельсовой стали, начиная с III квартала 1940 года, полностью осуществляется в уширенные кверху изложницы с утеплителями. Это позволило резко увели-

Таблица расходных коэффициентов.

Таблица 1.

Вид проката	1939 г.	План 1940 г.	Фактически		
			За I кварт.	За II кварт.	За III кварт.
Спецзаготовка	2,21	2,10	2,336	2,041	2,039
Рессорная заготовка сред.	1,775	1,65	1,676	1,537	1,622
Трубная заготовка сред.	1,885	1,71	1,808	2,151	2,423
Осевая заготовка	2,005	1,75	1,944	1,791	1,734
Рельсы ж. д. I сорта	1,928	1,50	1,882	1,843	1,605
% выхода рельсов I сорта	68,8	85,0	71,9	72,3	84,3
Судосталь марганцовистая	2,348	2,15	2,431	2,092	2,087
Котельное железо	1,837	1,75	1,919	1,744	1,829
Марочное железо	1,681	1,55	1,415	1,412	1,471

Как видно из приведенных цифр, почти по всем видам продукции мы имеем расходный коэффициент металла выше планового и только по некоторым сортам в некоторые месяцы достигнута экономия металла.

Установившийся хороший результат мы имеем только по рельсам, где, начиная с июля, выход первого сорта приближается к плановому, в сентябре этот выход впервые за все существование завода достиг 87,3%

Если учесть, что плановые коэффи-

циент выход рельсов I сорта за счет сокращения брака по раслоу и полного искоренения брака по железным включениям.

2. Разливка осевой стали, как правило, производится через промежуточное корыто, что дает понижение температуры металла и уменьшение скорости наполнения изложниц.

3. При разливке всех спокойных сортов стали, в том числе спецметалла, в уширенные кверху излож-

ницы, вместо ранее применявшихся для предотвращения приварки слитков к низу изложниц листовых образцов (сляб) и чугунных пробок, служивших причиной значительного брака продукции по металлическим включениям, сейчас применяются исключительно стальные пробки.

4. В качестве особой меры для наиболее ответственного спецметалла пробки готовятся без железных дужек и запрещена установка «бирок». Это мероприятие, наряду с тщательной очисткой изложницы и наведением чистоты в разливочных пролетах, позволило совершенно избавиться от брака по металлическим включениям (корки и др. пороки).

5. В мартеновском цехе № 3 наводится порядок и обращено серьезное внимание на качество очистки и смазки изложниц. Производится отбраковка изложниц, имеющих дефекты, по особо разработанной инструкции.

6. В прокатных цехах путем введения инструкций для сварщиков и организации института пирометристов, началось упорядочение нагрева слитков в колодцах, что дало сокращение числа недогретых и перегретых слитков, резко снизило количество оплавленных слитков (в 1939 году 7%, в III кварт. 1940 г. — 3%) и недокатов на отделочных станах (1% в 1939 г., 0,3—0,5% в III квартале 1940 года).

7. При прокатке осевой и кузнечной заготовок обрезка концов ранее производилась после блюминга и после стана «900». В настоящее время введен пропуск полосы без обрезки с блюминга на стан «900», что позволило получить лишнюю ось из каждого слитка.

8. При порезке металла на пилах стана «500» изменена схема раскроя полосы, что дало возможность правильно использовать длину послед-

ней и уменьшить процент обрезки.

9. Все прокатываемые блюмингом слябы до посадки в нагревательные печи листостана подвергаются вырубке, а самая прокатка листового металла производится только на минусовые допуски.

10. Для уменьшения расхода металла для всей профильной продукции введены помимо нормальных также шаблоны для прокатки на минус.

11. На листостане введен в эксплуатацию гидравлический окалиноломатель, что позволило резко снизить брак по закату окалины в листы.

Однако, снижение расходных коэффициентов по рессорной и осевой заготовкам нельзя отнести всецело за счет улучшения качества металла и упорядочения работы в цехах — производителей этого металла — мартеновских и прокатных. Снижение коэффициентов в значительной степени обязано организации тщательного осмотра и вырубке наружных дефектов как на складе стана «500», так и в цехе вырубки, где путем устранения пороков значительная часть ранее бракованного металла приводится в годное состояние. Но вырубкой внешних пороков нельзя полностью устранить всех дефектов металла, и завод ежемесячно получает большое число рекламаций от потребителей на обнаруженные в металле в процессе последующей его обработки, внутренние трещины, песочины и волосовины.

За истекший период 1940 года заводу предъявлено потребителями рекламаций на миллионы рублей, позорящих имя нашего Комбината.

Громадным недостатком в работе завода является невыполнение плана по заказам, вызывающееся в основном неудовлетворительной рабо-

той мартеновских цехов, где наряду с недостаточным качеством металла почти ежедневно происходит срыв плавов заданных марок качественных сталей и перевод этих плавов в другие, не предусмотренные заказами. Из-за этого план в общем тоннаже выполняется, а заказы на наиболее ответственную продукцию остаются невыполненными.

Так, за III квартал текущего года выпущено не по заданию в мартеновском цехе № 1 63 плавки, в мартеновском цехе № 2 — 60 плавов.

Эта антигосударственная практика в работе отдельных мастеров, начальников смен и отдельных руководителей сталеплавильных цехов, приводит к срыву выполнения заказов, к нарушению графика проката и направлению части металла, предназначенного для важнейших нужд страны, второстепенным потребителям.

IV. Основные виды брака и причины, их порождающие

а) Плены. Плены на слитках образуются:

1. От заплескивания металлом стенок изложниц. При разливке сверху данному явлению способствуют: сильный удар струи металла о дно изложницы или поддона, кося поставленный стаканчик, разливка с плохо кроющим или совсем некроющим стопором и разливка с рассеивающей (веерообразной) струей.

2. Плены образуются из-за вытекания металла из образовавшихся на слитках в период кристаллизации поперечных трещин, из-за вытекания металла из прибыльной части слитков, случающейся при преждевременной отбивке утеплителей.

б) Поверхностные и внутренние газовые пузыри, рослость слитков.

Данные виды пороков получают по следующим причинам:

1. Из-за плохого раскисления металла. Обычно по этой причине пузыри располагаются не только на поверхности слитков, но и в глубине их: часто при этом на слитках не замечается никакой усадки, а иногда даже имеется рослость слитков.

2. Из-за смазки холодных изложниц смолой или из-за слишком толстого слоя смазки.

3. Плохая очистка изложниц или установка под разливку холодных изложниц (в последнем случае на стенках изложниц конденсируются мельчайшие капельки воды) дает такой же результат, как и при смазке смолой холодных изложниц.

4. Плохая просушка ковшей и желобов ведет к появлению внутренних и наружных газовых пузырей, а иногда и рослости слитков.

5. Газовые пузыри образуются также по стыку плен с основным металлом в силу взаимодействия окисленного металла с углеродом стали.

Следует указать, что вышеизложенное относительно газовых пузырей внутри слитков относится исключительно к спокойному металлу. В полуспокойном и кипящем металле присутствие их в слитках считается нормальным, но тогда, когда они находятся от поверхности слитков не ближе, чем на 20 мм, а этому способствуют пониженная температура разливки и отсутствие в металле избытка марганца.

в) Поперечные трещины и рванины.

Причиной образования рванин на bloomsах и готовой продукции служат: поперечные трещины на слитках, плены, крупные неметаллические включения, близко расположенные к поверхности слитков, подкорковые газовые пузыри (особенно в кипящем металле), большие

и неравномерные обжаты слитков на блюминге, пережог металла, резкий и неровный нагрев от низких температур некоторых сортов сталей и т. д.

1. Поперечные трещины на слитках образуются из-за подвисяния слитков, которое происходит вследствие образования «заусениц» между надставными утеплителями и изложницами; заливки утеплителей и изложниц при разливке металла, неудовлетворительной футеровки утеплителей, малой конусности их, из-за наличия углублений и выпуклостей в изложницах уширенных сверху и из-за заворотов плен — по стыку заворота с основным металлом и т. д.

2. Резкий нагрев металла или долгое его нагревание при высоких температурах может привести не только к обезуглероживанию поверхностного слоя, но и к частичному или полному его пережогу, т. е. проникновению кислорода между зернами металла и образованию между ними окислов, главным образом, железа. Такой металл во время прокатки рвет. Особенно чувствительны к нему бывают углы слитков. Оплавление слитков также ведет к вскрытию газовых пузырей и поверхностному пережогу. На продукции, прокатанной из оплавленных слитков, наблюдается больше трещин и волосовин.

Резкий нагрев слитков и блюмсов холодняка приводит не только к образованию внутренних трещин, но и к наружным трещинам на некоторых сортах стали (рессорная), которые при прокатке дают рванины. Слишком большие обжаты слитков на блюминге, особенно если они (слитки) недостаточно прогреты, приводят к появлению поперечных рванин на прокатаемых слитках.

г) Продольные трещины и волосовины

Основной причиной появления продольных трещин на слитках является «горячая разливка» металла. Они появляются в результате напряжений между внешней, застывшей, коркой слитка, быстро сокращающейся в объеме, и внутренней жидкой частью слитка, медленно остывающей, а отсюда и медленно сокращающейся в объеме.

Различие между волосовинами и трещинами заключается главным образом, в глубине их. Для таких крупных профилей, как рельсы, осевая заготовка и т. д. волосовина имеет глубину не более 1—1,5 мм и зубилом вырубается с двух стружек, взятых по одному и тому же месту. Трещины же имеют глубину большую. Длина как тех, так и других может быть различной, а причины образования часто бывают одни и те же. Ими могут быть:

1. Газовые пузыри на поверхности слитков или в подкорковой зоне.

2. Скопление неметаллических включений в зоне путанных кристаллов.

3. Закат от углублений при неправильной вырубке пороков на блюмсах или от неправильной прокатки в предыдущем переделе.

4. Неправильная прокатка также вызывает образование трещин и волосовин на готовой продукции из-за переполнения калибров металлом, зареза буртами при неправильной подаче, неправильной настройке валков — смещении вдоль оси или перекоса их, неправильного чередования кантовок, неправильной калибровки, износа калибров, валков и т. д.

д) Загрязненность слитков неметаллическими включениями.

Источники появления в металле неметаллических включений можно разбить на следующие группы:

1. Неметаллические включения, вносимые шихтой или образовавшиеся в результате раскисления металла.

2. Шлаковые частицы.

3. Продукты разрушения подины печи.

4. Продукты раз'едания футеровки жолоба, ковша и стаканчика.

5. Огнеупорные материалы или шлак, оставшиеся в изложницах вследствие небрежной их очистки или попавшие в них при неаккуратной установке керамических утеплителей и несоблюдении инструкции по футеровке и обмазке надставных утеплителей.

По своей величине неметаллические включения бывают от крупных до видимых только при большом увеличении под микроскопом. Располагаются неметаллические включения как на поверхности слитка, так и внутри его.

Наиболее загрязненной огнеупорами и шлаковыми частицами является нижняя часть слитка, что является результатом небрежной очистки изложниц, осыпания утеплителей, а также пораженного пленой низа слитка при резком ударе струи о дно изложницы.

Неметаллические включения в готовой продукции выявляются в виде «песочин», внутренних и внешних волосовин, а иногда и трещин.

е) Глубокая усадочная раковина и усадочная рыхлость.

Причины, вызывающие в слитках появление глубокой усадочной раковины и рыхлости, следующие:

1. Неудовлетворительная конструкция изложниц (изложница уширенная книзу), большое отношение высоты слитка к поперечному сечению его и т. д.

2. Недостаточное утепление прибыльной части слитков или полное его отсутствие.

3. Большая скорость и высокая температура разлики металла.

4. Отрыв «голов» у слитков на стрипперном цехе.

5. Плохое раскисление и дегазация металла.

6. Недостаточная выдержка металла после разлики у площадок.

ж) Железные включения и «корки».

Этот вид порока в слитках образуется из-за попадания стальных предметов в изложницы до разлики стали или во время ее. У нас, на заводе, железными включениями были, главным образом, всплывающие стальные вкладыши (подкладки, «слябы», «заклепки») или части их («ушки») бирки, а также и настыли на стаканчиках, попадающие в изложницы во время разлики стали.

На этот вид брака очень походят так называемые «корки» или «завороты» металла. Они образуются при разлике от сгибания заплесков изложницы под действием высокой температуры поднимающегося металла. При плавающем утеплителе, при перерыве струи во время заполнения утеплителя, образуется «корка» на поверхности металла, которая повторной доливкой может заноситься в слиток. В нижней части слитка также иногда образовывается «корка», которая может всплыть в слиток. Она образуется при перерыве струи металла (особенно при частичном пробитии пробок).

з) Ликвация.

Ликвация представляет собой скопление более богатого углеродом, серой и фосфором, а также более загрязненного металла в центральной части слитка. Резко выраженная ликвация, особенно если она захватывает большую часть сечения профиля, свидетельствует о недостаточно хорошем качестве стали.

Основной причиной образования резкой и значительно распространенной ликвации является неправильное ведение процесса изготовления металла в печи и его раскисления, либо высокой температуры разливки стали. Иногда ликвация образуется при прокатке на блюминге слитков с полужидкой сердцевинной, причем в этом случае центральная часть блюмса является более обедненной углеродом и неметаллическими включениями, а граница между ранее закристаллизовавшимся металлом и полужидкой средой, наоборот, является более обогащенной углеродом и неметаллическими включениями.

Это явление происходит благодаря выжиманию валками маточного раствора из междендритных пространств на периферию, т. е. к поверхности полностью закристаллизовавшейся стали.

и) Флокены.

Внутренние трещины в катаной, ковальной и литой стали, образующиеся вследствие напряжений, возникающих, главным образом, благодаря выделению водорода из раствора при понижении температуры стали, называются флокенами. В изломе стали они обнаруживаются в виде белых «хлопьев» кристаллического строения, а после глубокого травления—в виде трещинок.

Флокены, имеющиеся в блюмсах, при прокатке на сортовой прокат, не всегда свариваются. Это явление сильно связано с обжатиями и конечным сечением готовых профилей. При прокатке на толстые профили они получают более «злокачественные» в виде «скворечников». Флокены могут встречаться почти во всех сталях, а главным образом, в хромистых и хромоциклевых. Водород попадает в металл при употреблении сырой руды или лежалой извести в завалку или доводку, при прекращении или замедлении кипения металла во время доводки, при обнажении поверхности металла от бурления его в местах неисправностей подины, от слишком долгого раскисления и от избытка водорода, углеводородов и водяных паров в печных газах при одновременном ослаблении кипения металла в конце доводки.

Флокены являются очень опасным видом брака, так как природа их недостаточно еще изучена. Борьбе с ними уделяется серьезное внимание не только у нас, но и на других заводах и в исследовательских институтах.

к) Прочие виды брака прокатной стали.

1. Кривые блюмсы, которые не могут быть посажены в нагревательные печи.

2. Выступы на готовом прокате. Причины образования их: износ валков. Например, в рельсобалочном цехе 4 сентября мастер Чеховский прокатал 36 полос балки с волной по шейке.

3. Скрученные полосы. Причина брака: неправильная установка валков, неправильная подача штуки в валки, неравномерный нагрев.

4. Недокаты. Причины образования их: недостаточный или нерав-

номерный нагрев металла, замедленная прокатка, ведущая к остыванию прокатываемой штуки, и т. д. Помимо брака, неправильный нагрев металла часто ведет к поломке валков и др. оборудования стана.

5. Неправильный профиль. Причины брака: неправильная калибровка или неправильная настройка валков.

6. Неправильные размеры листов. Причины образования брака: неточность измерений при прокатке, небрежность при обрезке, неправильный вес болванки, неправильная прокатка (косина), неодинаковость толщины (одна кромка толще другой) вследствие неправильной установки валков.

7. Неправильная резка сортового и фасонного материала. Причины брака: короткая резка, косая резка, надрез пилой.

8. Перепутывание заготовок по химанализу. Причины брака: перепутывание слитков на стриппере, в колодцах, блюмсов на складе и в печах, перепутывание готовой продукции на складе.

9. Несоответствие техническим условиям заказа. Причины: перепутывание плавок сталей, неправильное назначение плавок, несоблюдение правил и инструкций по нагреву, прокатке и охлаждению некоторых сортов сталей.

10. Закат окалины в листы. Причины: неправильный режим нагрева металла, передержка металла в печах, плохая очистка окалины с прокатываемой слябы. Плены и раскрывшиеся газовые пузыри также могут служить источником образования участков окалины на листах.

11. Закат на поверхности профилей огнеупорных материалов и железных предметов. Причины: попадание крупных кусков огнеупоров в слитки при разливке или прива-

ривание их в нагревательных печах к поверхности сляб, блюмсов и т. д.

12. Большая погнутость листов. Причины: неправильная дача листа в валки (прокатка на шейке), небрежная переноска горячих листов краном и др.

13. Складки на листах. Причины: неравномерная вытяжка металла при неравномерном его нагреве, неправильная настройка валков.

14. Выбоины при правке получаются из-за неисправности правильных машин.

15. Раздача полок уголка при правке бывает из-за неправильного профиля или неверной установки роликов.

16. Неправильная правка из-за плохой наладки правильных машин и небрежной работы.

V. Производственно-технические инструкции и их значение в деле улучшения качества металла

Устранение брака возможно лишь при наличии четких производственно-технических инструкций и неуклонном жестком проведении их в жизнь.

За истекшее время после партийно-технической конференции 1939 года были пересмотрены и переработаны все действующие технологические инструкции и по ряду участков, ранее инструкциями не охваченных, составлены новые.

При пересмотре и составлении этих инструкций были учтены: накопленный производственный опыт и результаты научно-исследовательских работ центральной лаборатории. Сейчас можно сказать, что по всем цехам и почти по всем операциям такие инструкции уже имеются.

Значение производственно-технических инструкций заключается в том, что в них изложены методы и

приемы работы, обеспечивающие наивысшую производительность агрегатов при наилучшем качестве продукции.

В связи с этим облегчается задача воспитания и контроля работы обслуживающего печи и другие участки персонала, так как создание инструкций должно научить людей работать всегда по оптимальному режиму.

Так, например, инструкция по тепловому режиму мартеновских печей регламентирует подачу топлива и воздуха в отдельные периоды плавки для того, чтобы обеспечить продолжительность плавки по установленному графику, т. е. 11 часов для 185 тн. печей и 13 часов для 300-тонных.

Сталевары же скоростники, кладя в основу своей работы инструкцию, идут по оптимальному ее пределу и достигают значительно меньших длительностей плавок, доходящих в отдельных случаях до 9 и даже 8 часов.

Другой пример. В инструкции по выплавке качественных сортов стали указано, что содержание марганца в период доводки должно быть не ниже 0,20%; этим, таким образом, ограничивается нижний предел. Но, с другой стороны, известно, что слишком сильное восстановление марганца (выше 0,40%) служит признаком значительного перегрева металла, поэтому добивающиеся хорошего качества металла по процессу мастера придерживаются такого метода работы, чтобы марганец не только не снижался за пределы 0,20%, но чтобы содержание его было и не больше 0,35—0,40% к концу кипения.

Таким образом, указания производственно-технических инструкций облегчают задачу мастеров и рабочих по борьбе за еще более высо-

кую производительность и за еще лучшее качество продукции.

VI. Задачи, стоящие перед партийно-технической конференцией

Партия и правительство доверили нашему коллективу первоклассное оборудование завода, не уступающее лучшим заводам капиталистических стран. Свыше 50% состава рабочих и ИТР являются мастерами первого класса, стахановцами и ударниками.

Передельные цехи завода снабжаются высококачественным сырьем; наш чугун содержит незначительное количество серы и по качеству превосходит чугун, выплавляемый доменными печами Донбасса и Приднепровья. Мартеновские и прокатные цехи полностью обеспечены топливом.

Однако качество нашей продукции все еще не может считаться удовлетворительным. Все еще имеются отдельные случаи засылки брака потребителям, выпуска увеличенного количества вторых сортов и оседания дефектного металла в самом заводе. Поэтому основным залогом обеспечения высокого качества продукции является жесточайшая технологическая дисциплина во всех стадиях производства, так как причины, порождающие брак, имеются всюду и всякое отступление от технологических нормативов на любом этапе работы ведет к появлению брака в конечной продукции. Не только руководители, но каждый работник, даже, казалось бы, второстепенный рабочий, мартеновских и прокатных цехов играет большую роль в деле получения качественного металла.

Например, от шихтовщика зависит правильная загрузка в мутьды заданного количества и качества шихты, что в дальнейшем влияет на процесс плавки в мартеновской

печи. От четкой работы рабочих стрипперного цеха и парка изложниц зависит чистка и правильная смазка изложниц, а, следовательно, и уменьшение брака по неметаллическим включениям, пузырям, трещинам и волосовинам. От ковшевого и желобчика зависит получение металла, не загрязненного песочинами от футеровки ковшей и желобов. От сварщика нагревательных колодцев зависит устранение брака, вследствие пережога или недогрева слитков. Добросовестная работа вырубщика заготовок позволяет дать потребителю металл, полностью освобожденный от внешних пороков, и т. д.

Поэтому, в результате работы партийно-технической конференции должно еще выше подняться значение производственно-технических инструкций с тем, чтобы технологическая дисциплина была законом в работе каждого инженера, мастера и рабочего, чтобы неустанно велась упорная борьба со все еще наблюдающимися нарушениями установленной технологии.

Наряду с этим, конференция должна поставить своей задачей, путем глубокого анализа всего технологического процесса, наметить ряд мероприятий, направленных на дальнейшее улучшение технологии, на дальнейший подъем технической культуры, а также наметить ряд усовершенствований в отдельных стадиях производства.

Предлагаемые к рассмотрению мероприятия сводятся в основном к следующему:

VII. По мартеновским цехам.

а) По шихтовке.

Выдаваемый из миксера мартеновским печам чугун должен содержать кремния от 0,4 до 1,0%, причем желательно приближение к верхнему пределу марганца от 1,9

до 2,2% и серы не выше 0,05%. Так как ошибка в шихтовке может повести к невозможности выплавки стали заданной марки из-за слишком низкого содержания углерода и марганца после расплавления или к затяжке плавки при чрезмерно высоком содержании углерода, необходимо строго следить за шихтовкой.

Производить не реже одного раза в смену скачивание шлака из миксера. Анализ чугуна из миксера делать через каждые два часа.

Создать на шихтовых дворах неиссякаемый 5-дневный запас габаритного лома, складированного по сортам.

В целях обеспечения правильной шихтовки плавки, должен быть строгий порядок в хранении всех шихтовых материалов; каждый из них должен храниться отдельно от других и иметь химический анализ до загрузки в мульды или подачи к печам (ферросплавы). Для каждой печи и марки металла постоянно должно задаваться определенное количество жидкого чугуна и ломы с подразделением по сортам, т. е. соблюдая стандартность шихты. Изменение металлической шихты должно производиться только начальником цеха.

Должно быть обеспечено предохранение руды, известняка и, особенно, обожженной извести от увлажнения их атмосферными осадками. Недопустимо применение в доводку плавки лежалой извести. Все материалы должны строго взвешиваться.

Ежедневно должны производиться анализы руды, известняка и извести на содержание воды, и при повышенном ее содержании в обязательном порядке следует вести завалку послойно, с прогревом каждого слоя так, чтобы продолжительность завалки неметаллической

шихты составляла не менее 30—40 минут, чтобы влага успела испариться.

Плавки должны шихтоваться таким образом, чтобы по расплавлении иметь в металле содержание углерода, на 0,5—0,10% превышающее заданный конечный анализ. Количество заваливаемого известняка должно быть таким, чтобы при расплавлении получался нормальный шлак, не требующий присадки извести больше одной мулды.

Недопустима завалка известняка на горячую подину, так как это ведет к образованию бугров и наростов на последней.

Каждая завалка должна начинаться с покрытия подины листовыми обрезками, поверх которых послойно и равномерно по всей площади пода следует заваливать руду и известняк. Недопустима также кучная завалка отдельных составляющих шихты.

Завести в мартеновских цехах плавильные журналы, в которых за подписями мастера и начальников смен записывать анализ заданной и фактически полученной марки стали, состав и вес шихты, ход технологического процесса плавки (экспрессанализы металла и шлака, количество и время дачи добавок и раскислителей). Ход разливки (время выдержки в ковше, температура на жолобе и во время разливки, длительность и характер наполнения изложницы) и результат разливки (тип слитков, количество, вес и вид потерь).

б) По подготовке печи к плавке.

Так как работа на грязных подинах с застоями металла от предыдущей плавки ведет к загрязнению стали и к срыву подин, что в свою очередь заставляет переназначать плавку с заданной ответственной

марки на простую, категорически воспрещается завалка шихты на грязную подину, имеющую застой и бугры. Ремонт подины следует делать по всей площади и делать уклон к стальному отверстию. Так как недобросовестная заделка отверстия ведет либо к задержке в выпуске плавки, либо, наоборот, к преждевременному сходу металла в ковш, а это в свою очередь служит причиной непопадания в анализ, недостаточной или слишком длительной выдержки с раскислителями и, следовательно, срыва плавки ответственной стали, необходимо строго следить за стальными отверстиями. На печах, закрепленных для конструкционной стали, ответственность за состояние стального отверстия возложить на специально выделенных мастеров.

Разделку отверстия производить до нормального диаметра и по основному уклону. При наличии даже незначительного подема уровня основания стального отверстия или нароста под заделкой, присушку производить только после полного исправления дефекта.

Нормальным диаметром стального отверстия считать 200—250 мм для одинарных печей и 250—300 мм для 300-тонных печей.

в) По процессу.

Процесс плавки от завалки до конца расплавления вести возможно горячее. К моменту полного расплавления содержание марганца в металле должно быть не ниже 0,20% , и в течение доводки это содержание должно постепенно повышаться за счет восстановления марганца из шлака: перед раскислением содержание марганца должно быть в пределах 0,25—0,40%.

Скорость выгорания углерода в

различные периоды доводки должны быть разной, причем, таковая к концу должна уменьшаться так, чтобы кривая выгорания углерода представляла собой плавную кривую, все время обращенную выпуклостью вниз.

Совершенно недопустимо снижение интенсивности кипения ванны в период полировки и образование горизонтальных участков на кривой выгорания углерода.

Следует внедрить в производство разрабатываемые сейчас центральной лабораторией методы определения газонасыщенности стали и измерения температуры ванны печи.

Со стороны мастеров наблюдается недооценка влияния правильного шлакового режима на качество металла. Считать, что получение здорового металла в значительной степени зависит от качества и состава шлака, особенно в период доводки. Обязать мастеров обеспечить достаточную основность шлака и содержания CaO не ниже 40%, производить проверку основности шлака (содержание CaO) в период доводки не менее 2 раз.

Надлежит строго следить за шлаковым режимом, в обязательном порядке производя анализы шлака на FeO и CaO и пользуясь вискозиметром. Шлак, не соответствующий по составу и вязкости технологической инструкции, тотчас же исправлять соответствующими добавками, не допуская, однако, присадки извести, боксита и шпата в последние 40 минут перед раскислением. Запретить употребление в доводку разложившейся с большим содержанием влаги обожженной извести.

В обязательном порядке должен производиться спуск шлака в количестве не менее $\frac{1}{2}$ ковша из 185-тонной плавки и целого ковша из 300-тонной.

К моменту раскисления шлак должен содержать нормальное, согласно технологической инструкции, количество свободной FeO . Более высокое ее содержание свидетельствует о перенасыщенности металла кислородом, а более низкое—о чрезмерно горячем ходе плавки, особенно, если малое содержание закиси железа в шлаке сопровождается восстановлением марганца свыше 0,40% или, тем более, восстановлением фосфора.

В таких случаях плавку следует до раскисления остудить, закрывая коксовальный газ, воздух и опуская дымовой шибер, так как иначе введенные в печь раскислители не окажут надлежащего действия.

Для контроля раскисленности и температуры металла ввести на всех печах технологические пробы—расковку лепешек под молотом и слив металла из ложки на плиту.

В обоих цехах установить электропневматические молоты.

Большое значение имеет правильное проведение процесса раскисления, что также мастерами недооценивается.

Процесс раскисления следует вести при восстановительной атмосфере в печи и положительном давлении в рабочем пространстве. При этом основным топливом в период раскисления должен быть доменный газ; расход коксовального газа и смолы должен быть сведен до минимума.

Завести у печей специальные доски для записи анализа, подаваемых на плавку раскислителей и легирующих добавок. Не допускать применения раскислителей без взвешивания их. Раскислители должны заранее готовиться в порциях разного веса.

Раскисление в печи производить строго в порядке, предусмотренном

1953 | ГБУзССР
12010

Неверовская областная
научная библиотека
Информационный фонд
№ 069664

инструкциями по выплавке соответствующих марок стали.

Процесс раскисления в ковше должен вестись в соответствии с технологическими инструкциями, заброску ферросилиция начинать после наполнения $\frac{1}{4}$ ковша, алюминий по возможности давать после ферросилиция, но заканчивать до появления шлака. Мастера в обязательном порядке должны вести запись всех данных, относящихся к ходу выпускаемых ими плавов в специально заказанные для них книжки, что будет способствовать накоплению ими производственного опыта.

г) По разливке.

Разливка металла имеет существенное значение для конечного качества металла. Неудовлетворительной разливкой можно испортить металл, вполне доброкачественно сваренный в печи.

Наилучшей температурой выпуска металла (на жолобе) является 1470—1480°, при непосредственной разливке сверху, и 1480—1500° при разливке через промежуточное устройство для мягких сортов стали и, соответственно, на 10° ниже для среднеуглеродистых.

При выпуске металла с более высокой температурой его необходимо для охлаждения выдерживать в ковше.

Качество футеровки ковшей и желобов имеет большое значение для предохранения металла от загрязнения его неметаллическими включениями. Поэтому со стороны шамото-динасового цеха должны быть приняты меры к дальнейшему улучшению огнеупоров для ковшей, желобов и стопоров.

Футеровка печных желобов, ковшей и промежуточных желобов должна быть выполнена особенно тщательно с минимальной толщиной

швов и с применением в нужных местах фасонного кирпича. В целях повышения стойкости ковшей зарплата ковшевых каменщиков должна быть перестроена в зависимости от числа плавов, выдержанных ковшем.

Обмазка желобов массой воспрещается; под плавки ответственных марок стали должны подаваться только ошлакованные ковши.

После просушки желобов и ковшей таковые должны быть продуты сжатым воздухом. Стаканы в ковшах должны устанавливаться строго вертикально во избежание перекоса струи; пробки должны притираться к стаканам.

Как на задней печной, так и на разливочной площадках и в литейном зале вообще должна соблюдаться абсолютная чистота. На разливочных площадках должен быть полный комплект инструмента, в том числе ложек для снятия настывшей и острых ломиков для очистки заплесков.

Изложницы должны быть тщательно очищены в стрипперном цехе и при температуре 100—150° равномерно по внутренней поверхности смазаны тонким слоем лака. Особенно следует избегать толстого слоя смазки и стекания последней на дно изложницы, так как не сгоревшая до подъема металла смазка служит причиной образования пузырей и волосовин в металле. Необходимо ускорить внедрение механизации смазки изложниц.

Подвести ко всем участкам подготовки изложниц низковольтное освещение. Установить строгий контроль за центровкой изложниц, внедрить в ближайшие два месяца центрирующие поддоны. После очистки изложниц производить обязательную продувку их пылесосом. Производить обязательно накрывание изложниц листами или

крышками после очистки и продувки. Обязать начальников цехов и их заместителей в рабочее время лично присутствовать при выпуске и разливке всех плавов.

Так как замедленная скорость разливки благоприятно сказывается на качестве как кипящего, так и спокойного металла, для наиболее ответственных сортов металла необходимо применять разливку через промежуточное устройство — подвесное корыто для осевой и трубной стали и вновь сооружаемый промежуточный ковш для конструкционного металла. Преимуществом последнего является большая емкость промежуточного ковша и то, что он закрыт крышкой, предохраняющей металл от окисления и охлаждения, вследствие чего промежуточный ковш имеет стойкость до 10 плавов, что значительно снижает загрязненность металла песочниками, попадающими в него из ныне применяемого промежуточного корыта, футеровка которого возобновляется после каждой разливки.

Не допускать разливки стали одной плавки в составы с разными изложницами, так как это часто ведет к перепутыванию металла разных марок.

Особенно существенное значение имеет также выдержка спокойного металла у площадок после разливки. Наилучшей продолжительностью выдержки является 1 ч.—1 ч. 30 м. минимально допустимой 30—40 минут.

Отбивка керамических утеплителей или снятие надставных должны производиться не ранее 1 ч. 30 мин.—1 ч. 45 мин. после окончания разливки.

Так как при употреблении керамических утеплителей наполнение изложницы приходится вести в два приема, что требует двойного числа перекрытий стопора, и кроме того

утеплители часто лопаются, что ведет к вытеканию металла и вызывает брак слитков, необходимо перейти от керамических утеплителей к чугунным надставным футерованным.

Первый опыт освоения таковых дал неудовлетворительные результаты по причине того, что они имели недостаточную конусность и что обмазка их производилась небрежно и изложницы имели большие дефекты.

Сейчас разработана инструкция по футеровке и обмазке утеплителей и уточнены требования к качеству изложниц, что позволит ввести чугунные утеплители в нормальную эксплуатацию и постепенно отказаться от утеплителей керамических. Внедрить хромистую обмазку плавающих утеплителей, исключающих возможность загрязнения слитков осыпающимся с утеплителей шамотом, а также способствующих более удобному и быстрому сбиванию их с головки слитков.

В нашем мартеновском цехе, имеющем 14 мощных печей и дающем суточную производительность порядка 5,5—6 тысяч тонн, решающее значение имеет соблюдение графика выпуска плавов.

Несоблюдение графика ведет к совпадению выпусков, а отсюда получаются—передержка плавов в печах, ухудшение качества металла, срыв назначенных марок стали, большие задержки составов со слитками перед стриппером и колодцами, а из-за этого посадка охлажденных слитков в колодцы, большой износ изложниц и т. п. Поэтому нормальная работа и хорошее качество возможны у нас только при самом жестком соблюдении графика на всех участках мартеновских цехов.

К нерешенным еще вопросам мартеновского производства, тре-

бующим дальнейшей исследовательской работы, относится проблема слитка и изложницы для спокойной стали.

Введенная в 1939 г. уширенная кверху изложница типа «7» для слитка весом в 5,7 т., обеспечивая удовлетворительное качество слитков, в то же время, с одной стороны, имеет значительный вес на единицу металла и, с другой стороны, сравнительно невысокий вес слитка—5,7 тн., уменьшает производительность блюминга, что особенно важно в связи с ростом выплавки стали после пуска печи № 14 и предстоящего ввода в эксплуатацию печи № 15.

Двухконусная изложница типа «8» для слитка весом 6,8 тн., введенная весной 1940 г., обеспечивая повышенный развес слитка, в то же время ухудшает качество последнего. По рельсовой стали слитки, отлитые в изложницу типа «8», дают почти вдвое больший брак по раслосу, чем отлитые в изложницу типа «7», а по остальным маркам спокойной стали замечается более интенсивное образование трещин. Кроме того большая разница в сечениях слитка вверху и внизу ведет к неравномерному прогреву его в колодцах и к пережогу нижней части слитков.

В самое последнее время конструкция изложницы типа «8» несколько изменена за счет устранения нижнего конуса и утолщения дна. Как скажутся эти изменения на качестве, пока неизвестно.

Было отлито также несколько изложниц прямоугольного сечения и две большие изложницы для слитка весом в 10 тн. Однако за недостаточностью опытного материала, говорить о результатах применения этих изложниц преждевременно.

Поэтому в области конструкции

изложницы и влияния ее на кристаллизацию слитка и качество металла вообще, следует еще поработать для отыскания оптимальных условий.

Получившие в последнее время распространение скоростные плавки послужили предметом изучения центральной лаборатории.

Изучение показало, что в тех случаях, когда уменьшение продолжительности плавки идет за счет первого ее периода—завалки и плавления, качество металла не ухудшается, если доводку вести в строгом соответствии с инструкциями. Поэтому задача ИТР—создать условия для массового движения скоростников, превратив скоростные плавки в систему работы.

Автоматизация теплового режима является фактором, способствующим как проведению скоростных плавков, так и повышению качества металла, так как при наличии действующей автоматики сталевар имеет больше времени для наблюдения за ходом металлургического процесса. Поэтому в порядок дня должен быть поставлен вопрос полного освоения уже установленной автоматики на печах №№ 9 и 14 и оборудования таковой у других печей.

Наличие автоматики позволит перейти от отдельных скоростных плавков к скоростным печам, регулярно работающим на более интенсивном производственном режиме.

Установить для начальников смен и плавильных мастеров премии за каждую плавку, выпущенную в соответствии со сменным заданием, обеспечивающим высокое качество продукции.

VIII. Прокатные цехи.

Подготовка слитков и заготовок.

1. Весь металл, при передаче со сталеплавильных цехов блюмингу,

должен проходить контроль ОТК. Обязать ОТК ввести клеймение принятых холодных слитков, блюмсов, сляб и заготовок клеймом ОТК.

2. Все заготовки, идущие на прокат на стан «500», за исключением мягкого металла, идущего для проката профильного металла, подвергать вырубке; для зачистки металла с большими дефектами применять газовые резаки.

3. Обеспечить перед станом «500» высокое качество вырубки, превратив нынешний цех вырубки в отделочный цех.

В отношении марок сталей, для которых не предусмотрена зачистка, контролерам ОТК производить наружный осмотр, создать нормальные условия для работы вырубщиков, иметь постоянное давление воздуха не менее 5 атмосфер, исправные воздухопроводы, стеллажи с высотой, обеспечивающей нормальную работу вырубщиков, достаточное освещение, пневматические молотки, тип которых должен быть выбран в соответствии с зачищаемым металлом.

4. Во всех прокатных цехах на нагревательных печах и колодцах блюминга установить должность сменных техников, на обязанность которых возложить контроль за правильностью нагрева, за посадкой и выдачей металла.

В течение октября, ноября 40 г. проверить состояние контрольно-измерительной аппаратуры при нагревательных печах и колодцах, привести ее в порядок и ввести в работу бездействующую аппаратуру.

5. Настраивать станы в соответствии с имеющейся калибровкой и не производить нормальную прокатку до окончания настройки посредством дачи пробных полос. Своевременно менять валки и калибры, вкла-

дыши пропуска и подводки, запретить ставить под подшипники и подушки большое количество подкладок, не допускать установки подушек с разработкой, создающей большие зазоры между станиной и подушкой.

6. Обязать коллектив ОТК вести строжайший контроль профилей и дефектов проката, требовать от мастеров своевременного взятия проб. При неприятии мастерами немедленных мер по устранению обнаруженных дефектов и нарушению профиля проката, немедленно доводить до сведения начальника смены и начальника цеха. В исключительных случаях, в целях предотвращения массового брака проката по профилю и наружным дефектам, предоставить право контролерам ОТК останавливать стан и требовать соответствующей настройки.

7. Обязать ОТК организовать ежедневный контроль шаблонов, употребляемых в прокатных цехах. Шаблоны, имеющие отклонение от эталонов, немедленно изымать из употребления.

Для повышения ответственности в деле выпуска качественной продукции ставить клеймо сменного мастера. При прокатке ответственных сталей установить межоперационный контроль на стане, ведя экспресс-пробы на осадку и травление образцов с целью выявления дефектов в прокате. Запретить применение грубой наварки и нарубки валков, влияющих на ухудшение качества металла.

Пересмотреть существующую калибровку с целью устранения указанных дефектов.

При прокатке профильного металла применять стальные щетки и производить сдувание паром окалины как в чистовых, так и предчистовых калибрах.

По обжимному цеху.

В первую очередь необходимо обратить серьезное внимание на дальнейшее упорядочение нагрева слитков в колодцах.

Здесь следует неуклонно придерживаться инструкции по нагреву слитков, во избежание выдачи холодного металла в прокат, или, наоборот, пережога и оплавления слитков в колодцах.

Так как металл различных марок требует неодинакового режима нагрева, а слитки каждой мартеновской плавки, поступают к колодцам с разной температурой, что также в каждом отдельном случае пребудет особых условий нагрева, ввести, как обязательное, посадку в парные ячейки слитков одной и той же плавки и поячейковую прокатку слитков, что, кроме того, устранил возможность перепутывания плавков.

Для подогрева холодных слитков твердо закрепить две группы колодцев с пониженным в них температурным режимом, категорически воспретить посадку холодных слитков в другие горячие группы.

Колодцы должно держать в таком состоянии, чтобы регенераторы были прогреты одинаково с обеих сторон. При посадке слитков в ячейку расставлять их так, чтобы разделение потока газов слитками было равномерным как около стен ячейки, так и в середине между слитками. От этих двух факторов целиком зависит равномерность прогрева слитков.

Для увеличения пропускной способности колодцев необходимо стремиться к подаче мартеновских плавков по графику равномерно, чтобы иметь все время заполнение колодцев не менее 180 слитками.

Оптимальными температурами посадки слитков в колодцы следует

считать: 900° для мягкой стали, 850° для рельсовой и 800° для других сортов среднеуглеродистой стали.

Оптимальной температурой начала прокатки на блюминге следует считать для мягкой стали с содержанием углерода ниже 0,3% 1150°—1200° и для среднеуглеродистой и малолегированной 1160—1180°.

В порядке рационализации печного хозяйства нагревательных колодцев следует в ближайшее время провести герметизацию крышек и дросселей в целях уменьшения подсоса воздуха и осуществить полуавтоматическое управление процессом горения; установить ардометры для измерения температуры слитков непосредственно в печи, а также регуляторы давления газа.

Во избежание брака при прокатке на станах строго придерживаться утвержденных инструкций по обжимам и кантовкам как на стане «1100», так и на стане «900». Помимо этого следует усилить внимание к процессу прокатки во избежание получения поверхностных пороков в виде лампасов, закатов и рванин. Для того, чтобы прокатка на стане «900» шла при нормальной температуре блюмсов, должно быть запрещено скопление последних перед станом.

В целях уменьшения разницы в развесе слитков, что даст возможность уменьшить процент обрезки, необходимо ужесточить нормы допусков в размерах изложниц, отливаемых литейным цехом.

Усилить надзор за учетом металла на блюминге так, чтобы совершенно были исключены потери отдельных блюмсов от плавки и перепутывание затерянных блюмсов с другими плавками. В целях точности учета веса металла должны быть введены в эксплуатацию бездействующие до сих пор весы

для взвешивания блюмсов. Во избежание перепутывания блюмсов и прокатки их не по заказу следует упорядочить сигнализацию в обжимном цехе.

IX. По рельсобалочному цеху.

В целях сокращения брака из-за оплавления и поджога заготовок в печах, надлежит усилить внимание к нагреву и быстрее внедрить в производство и строго придерживаться утвержденных инструкций по нагреву. Установить измерительную аппаратуру на нагревательных печах.

Ускорить разработку инструкций по перевалкам валков, по установке и креплению арматуры и по настройке валков без остановки стана, а также разработать технологию укладки и охлаждения на горячих стеллажах для различных профилей.

В целях уменьшения брака по прокатке, тщательнее проверять профиль проката по шаблонам.

В порядке технической рационализации следует: а) пустить в эксплуатацию машину для горячего гйба рельсов, б) освоить дефектоскоп Сапожникова.

Литейному цеху освоить высококачественные валки стальные и чугунные, использовав с этой целью электропечь.

С целью улучшения качества и стойкости рельс, в ближайшее время осуществить сорбизацию концов рельс путем электрочастотной установки, а также реконструировать стеллажи, обеспечивающие выпуск 25-метровых рельс. Освоить производство 50 кгр. рельс.

X. По стану «500».

В целях уменьшения объема работ по очистке готовой продукции в цехе вырубки, сделать основной упор на тщательную вырубку поверхно-

стных пороков на заготовках на складе стана «500» мм и давать в прокатку только полностью очищенные от пороков заготовки.

Широко внедрить высокопроизводительную газовую вырубку пороков, усовершенствовав ее по линии уменьшения расхода кислорода, обеспечив цех резаками и разрабатывать в кратчайший срок соответствующую технологическую инструкцию.

При вырубке пороков придерживаться установленных соотношений ширины и глубины вырубки во избежание закатов кромок вырубленных мест и образования волосовин вторичного происхождения.

Немедленно ввести в действие инструкцию по нагреву заготовок и строго придерживаться требований и вести контроль за температурой металла в процессе нагрева.

Перейти, как правило, к прокатке рессорной стали транзитом без охлаждения блюмсов на складе. При прокатке же ее с охлаждением иметь особое наблюдение за нагревом этой заготовки в печах.

Установить строгий контроль за прохождением заготовки по складу и через печи в прокатку, организовав клеймение готового проката в соответствии с заданной в стан маркой металла. В связи с частыми рекламациями потребителей, на маркировку металла должно быть обращено самое серьезное внимание.

Во избежание лишней обрезки и получения немерной длины готовой продукции принимать от блюминга и стана «900» заготовки, прокатанные и порезанные на ножницах строго по заказам, выданным цехом стана «500».

В самом цехе стана «500» часты случаи порезки полосы не по заказу и косых резов из-за неправиль-

ной установки пил, что является совершенно недопустимым.

Также следует обратить внимание на улучшение калибровки для ряда профилей — квадрат 127 мм, балки, уголки и пр., являющейся неудовлетворительной, и самым тщательным образом производить настройку валков. К улучшению качества валков должны быть приняты решительные меры со стороны литейного цеха.

Для фрезеровки концов рудничных рельс должны быть установлены станки.

XI. По листостану

Производить вырубку пороков на всех без исключения слябах, что хотя уже и проводится, но с недостаточной тщательностью. При нагреве сляб в печах строго придерживаться установленной инструкции, контролируя температуру нагрева и не допуская вдавливания окалины в металл.

В порядке рационализации нагревательных печей произвести изоляцию глиссажных труб, что даст экономии тепла, сконструировать герметическую нижнюю крышку и сделать нижние шлаковые окна.

При прокатке тонких профилей, во избежание передержки металла в печах, работать только на двух печах. При прокатке тщательно удалять с поверхности листов окалину во избежание заката ее в металл, для чего повысить давление воды в гидравлическом окалиноломателе. На складе листов организовать осмотр листов с двух сторон, для чего перенести кантователь с 6-го поста на 8-й.

XII. По цеху вырубки

Устроить стеллажи для вырубки металла, что значительно облегчит

работу и сделает ее производительнее. Обратит особое внимание на улучшение качества как самой вырубки дефектов, так и контроля за таковой. Организовать поточную приемку профильного проката от стана «500» мм², обеспечив контролем выпуск качественного металла. Организовать зачистку мелких пороков путем установки механических наждачных кругов.

XIII. Технический контроль

Роль ОТК в борьбе за качество продукции весьма значительна. Работники технического контроля, расставленные сейчас на всех звеньях производственного процесса, должны не только фиксировать получающийся брак и не пропускать его в последующий передел, но тотчас же по выявлении первых признаков того или иного вида брака должны сигнализировать оперативному персоналу цехов и руководству цехов и завода в целом, чтобы немедленно были приняты меры к устранению причин, вызывающих брак.

Дружная работа всего коллектива завода как в производственных цехах, так и в отделах: техническом, тех. контроля, центральной лаборатории и других в повышении производственной культуры на всех этапах производства послужит верным залогом к улучшению качества металла, выпускаемого нашим заводом, к доведению до минимума расходных коэффициентов, изжигию рекламаций со стороны потребителей и к тому, чтобы продукция с маркой Кузнецкого завода по праву считалась лучшей в черной металлургии СССР.

Особенности технологического процесса и качество металла коротких плавков на КМЗ

Изучение особенностей технологического режима коротких плавков и установление связи между продолжительностью плавки и качеством полученного металла является очень важным вопросом мартеновского производства. Знание элементов, за счет которых происходит сокращение плавки, а также выяснение влияния их на качество стали, должно направить усилия цехового персонала в деле повышения производительности печей, сокращения расхода топлива и получения стали высокого качества по правильному пути.

Ниже на основании опыта работы мартеновских цехов КМК в мае — сентябре 1940 года сообщаются некоторые особенности технологии коротких плавков одной из марок среднеуглеродистой стали, проходящей более тщательный контроль (макро), изготовляемой на горячидущих мартеновских печах с садкой 190 тн.

Все плавки в зависимости от их продолжительности были разбиты на пять групп. В таблице 1 приведена продолжительность отдельных периодов плавки для каждой из групп. Как видно из нее, сокращение времени плавки происходит за счет уменьшения периодов завалки, прогрева плавления и доводки, при постоянной продолжительности кипения.

Широко распространено мнение, что необходимо всячески сокращать продолжительность завалки для того, чтобы получить скорост-

ную плавку. Однако при этом обычно не производится разделения завалки сыпучей части шихты (руды и известняка) от завалки скрапа, и не учитывается часто влияние продолжительности завалки на качест-

Таблица 1.

Группа	Кол-во плавков в группе	Общая продолж. плавки	Средняя продолж. (час. мин.)				
			За завалка	Прогрев после завалки скрапа	Плавление	Чистое кипение	Доводка
I	19	до 9 ч.	1—06	1—15	4—02	1—39	2—40
II	80	9—10	1—14	1—07	4—42	1—32	3—12
III	73	10—11	1—20	1—28	4—37	1—34	3—30
IV	47	11—12	1—25	1—37	5—00	1—33	3—42
V	8	12 и выше	1—47	1—29	5—51	1—34	4—00

во стали. Что игнорировать последнее обстоятельство никоим образом нельзя доказывают цифры таб. 2.

Таблица 2.

1. Продолжительность завалки (час. мин)	От 0—45 до 1—00	От 1—00 до 1—15	1—16 1—30	1—35 1—45	1—46 2—00
2. Расходный коэффициент по металлу от осмотренной готовой продукции . .	1,27	1,29	1,25	1,21	1,17

Большая зависимость качества металла от продолжительности завалки объясняется тем, что при быстрой завалке плохо прогреваются руда и известняк, несущие с собой большое количество влаги. В самом деле, завалка 65 тонн скрапа требует обычно от 25 до 30 минут; завалка 20 тонн руды и 12 тонн известняка—около 15—20 минут. Та-

ким образом, прогрев сыпучих материалов при продолжительности завалки до 1 часа равен приблизительно 15 минутам.

При плохой теплопроводности сыпучих, 15 минутный прогрев является недостаточным, особенно при отсутствии послыного прогрева. Следовательно, общее время завалки должно уменьшаться за счет завалки скрапа, которую можно закончить при надлежащей организации работы у печи не за 35 минут, а за 15—20 минут (такая продолжительность завалки скрапа имеет место у 16% всех исследованных плавок). Идти же по линии чрезмерного сокращения времени прогрева сыпучих без ухудшения качества металла нельзя. Чтобы не затягивать всей плавки, время прогрева и завалки сыпучей части шихты можно установить равным 45—50 минутам. Общая продолжительность периода завалки должна составлять около 1 ч. 15 м.

Продолжительность прогрева шихты после завалки скрапа, до заливки жидкого чугуна, в значительной степени зависит от расхода тепла. Как показывают цифры табл. 3, чем больше тепловое напряжение, тем короче плавка.

Таблица 3.

	Продолжительность плавок в часах				
	до 9 ч.	9—10	10—11	11—12	12—13
	Расход тепла в 10 ⁶ кал/час.				
Заправка	13,6	14,8	16,9	14,0	13,7
Завалка	19,9	19,6	19,6	19,0	18,0
Прогрев	21,5	20,8	20,2	20,0	20,0
Плавление	17,0	16,4	16,0	15,8	15,3
Кипение	16,5	15,9	15,6	15,0	15,1

Правильный тепловой режим является одним из самых существенных элементов, способствующих получению коротких плавок, с наименьшим удельным расходом тепла, как это видно из таблицы 4.

Таблица 4.

Продолж. плавки (ч.)	до 9 ч.	9—10	10—11	11—12	12—13
Удельный расход тепла кал/кг.	845	925	988	1020	1010

Период плавления определяет собою в наибольшей степени продолжительность всей плавки. В таблице 5 приведены цифры для выяснения влияния времени прогрева шихты после завалки скрапа до заливки чугуна, на продолжительность расплавления. Из нее видно, что имеет смысл производить прогрев около 1 часа 15 минут, так как при этом некоторое увеличение продолжительности прогрева будет компенсировано сокращением периода плавления. Общее время прогрев + плавление при этом уменьшается.

Таблица 5.

Продолж. прогрева шихты (час. минут)	До 0—45	От 0—45	От 1—00	От 1—16	От 1—46
		до 1—00	до 1—15	до 1—45	до 2—15
Средняя продолжительность плавления	5—06	4—45	4—18	4—05	3—45
Суммарная продолж. прогрев + плавление	5—51	5—45	5—33	5—50	6—00

Слишком длительный прогрев хотя и значительно уменьшает период плавления, но не сокращает общей продолжительности плавки, а даже увеличивает ее.

Длительность расплавления зависит в значительной мере от содержания кремния в чугуне, так как количество заваливаемого известняка в печь определяется по этому показателю. У 75% коротких плавок (до 10 часов) кремний в чугуне не превышал 0,8%, у обычных же плавок такое содержание кремния имелось только у 55,1% плавок.

Процент скрапа в завалку также сказывается на сокращении плавления.

ния: у 30,4% плавков с продолжительностью до 10 часов скрапа в шихте больше 35%, у обычных же плавков такое количество скрапа встречается только у 5% плавков.

Чем скорее произошло расплавление, тем лучше будет качество полученного металла. Подтверждением этого положения является систематическое понижение расходных коэффициентов с уменьшением продолжительности расплавления.

Таблица 6.

Продолж. расплавления (час. мин.)	До	От	От	От	От
	3-30	3-31 до 4-00	4-01 до 4-30	4-31 до 5-00	5-01 и выше
Расход коэф. по металлу к окислен. готовому прокату	1,24	1,25	1,26	1,28	1,31

Продолжительность доводки определяется в первую очередь повышением количества углерода в ванне после расплавления над заданным по анализу в готовой стали.

У 46,2% коротких плавков (до 10 часов) содержание углерода при расплавлении не превышает 1,2%, т. е. на 0,5—0,6% больше среднего заданного, плавки же с продолжительностью от 10 до 12 часов имеют такое содержание углерода только у 33,4% от их числа. Обычно же у 11—12-часовых плавков углерод после расплавления колеблется в пределах 1,4—1,6%.

Интересно отметить, что во 2-м мартеновском цехе нижний предел по содержанию углерода при расплавлении встречается чаще, чем в 1-м мартеновском цехе: 42,2% всех плавков 2-го мартеновского цеха имеют углерода до 1,2%; в 1-м мартеновском цехе такое содержание

углерода имеют только 33,6%. Более выгодное, с точки зрения продолжительности плавки, содержание углерода при расплавлении во 2-м цехе достигается повышением количества руды в завалку. Одновременно уменьшается количество руды, даваемой в доводку как это видно из цифр табл. 7, что также желательно для получения более короткой плавки.

Скорость выгорания углерода у коротких плавков в рудный период значительно выше, чем у обычных плавков. (табл. 8).

Очень большие скорости (больше 0,76% С в час) встречаются у 38,0% коротких плавков и только у 5% обычных. В период чистого кипения у коротких плавков замечается, правда, незначительное уменьшение, по сравнению с обычными плавками, интенсивности обезуглероживания. Другими словами они имеют более вялый кип в наиболее ответственный период плавки. Последнее обстоятельство является понятным, если учесть, что персоналу, обслуживающему печь, нужно выполнить требования инструкции об определенной продолжительности чистого кипения. Пониженное содержание углерода перед чистым кипом, в результате очень больших скоростей выгорания в первый период, заставляет искусственно затормаживать обезуглероживание, растягивать его на определенный промежуток времени.

Повышенные скорости обезуглероживания могут явиться следствием ряда причин, например, работы на шлаках с большей окислительной

Таблица 7.

	Руда в завалку в % от металл. шихты					Руда в доводку в % от металл. шихты				
	10-11	11,1-12	12,1-13	13,1-14	Итого	До 2,5	2,5-3,5	3,6-4,5	4,6-5,5	Итого
В % от общего количества плавков:										
1-й мартенов. цеха	51,4	43,6	5,0	—	100,0	6,5	28,2	39,2	26,1	100
2-й " "	30,4	41,4	11,7	6,5	100,0	12,7	44,7	21,3	21,3	100

способностью, более горячего хода печи и т. д. За счет чего же достигается ускоренное выгорание углерода в исследованных коротких плавках? Ответ на это дает табл. 9.

Правильная шихтовка, в частности завалка необходимого для по-

горания углерода была выше. Продолжительность доводки у плавки с присадкой извести в доводку затягивалась на 45 — 60 минут по сравнению с плавками, проведенными без добавок извести. Как видно из табл. 9, удельный вес плавки,

Таблица 8

Продолжительность плавки в часах	Скорость выгорания углерода в % в час.							
	В период рудения				В период чистого кипа			
	До 0,5	0,51 — 0,75	0,76 и выше	Итого	До 0,1	0,11 — 0,2	С,21 и выше	Итого
1. До 10 часов	10	44	32	87	30	49	8	87
в %	15,5	50,5	38,0	11,0	34,5	56,4	9,1	100
2. Свыше 10 часов	82	69	8	159	52	91	16	159
в %	51,5	43,5	5,0	100	32,6	57,1	10,2	100

лучения нормального шлака количества известняка, позволяет в период доводки обходиться без присадок извести. Из таб. 9 видно, что у более коротких плавки выше удельный вес полировок, произведенных без добавок извести. Сравнение же нескольких плавки, имеющих одинаковое содержание углерода и марганца при расплавлении, изготовленных на одной и той же печи, при практически одинаковом тепловом режиме показало, что в тех случаях, когда полировка производилась без присадок извести, скорость вы-

Таблица 9.

	Продолж плавки в час.				
	До 9	9—10	10—11	12—12	12—13
1. Колич. плавки в % проведенных:					
а) с добавкой извести в полировку	33,3	34,0	35,9	38,9	42,8
в) без добавки извести в полировку	66,7	66,0	64,1	61,1	57,2
2. Средний % содержания FeO в шлаке:					
а) после расплавления	5,7	6,0	6,5	7,3	5,9
б) после дачи руды	11,4	10,9	10,2	10,2	10,6
в) перед раскислением	8,4	7,6	6,6	6,5	6,5
3. Колич. руды в доводку в % от веса металлической шихты	4,15	3,93	3,65	3,52	4,03

политовавшихся без одновременной добавки извести, систематически повышается по мере перехода от одной, более продолжительной группы плавки, к другой, менее продолжительной группе.

Содержание FeO в шлаке после расплавления у коротких плавки меньше, чем у обычных, более же окисленные шлаки в дальнейшем у них получают в результате повышенной подачи руды в доводку.

Интересно отметить, что на наиболее горячо работающих печах № 9 и № 11 казалось бы руды в доводку следовало давать несколько меньше, чем на обычно идущих печах для того, чтобы получить одинаковые скорости выгорания углерода, если при расплавлении содержание FeO в шлаке в том и в другом случае было одинаковым. В действительности однако имеет место как раз обратная картина. На печах №№ 9 и 11 руда в доводку дается даже в несколько большем количестве, чем на других печах. (табл. 10).

Это обстоятельство приводит к тому, что скорости выгорания углерода сильно возрастают. Приходит-

Таблица 10.

Содержание FeO в шлаке после расплавления в ‰	Руда в доводку в ‰ от веса металл. шихты	
	Печи № 9 и 11	Остальн. печи
4,0—5,0	5,5	4,2
5,1—6,0	4,4	4,2
6,1—7,0	3,2	3,5
7,1—8,0	3,7	3,6
8,1—9,0	4,3	3,8
9,1—10,0	3,5	3,6
10,1—11,0	4,0	3,5

ся в дальнейшем ходе плавки прибегать к различным добавкам, искусственно, задерживающим выгорание углерода.

Работа на шлаках с большой окислительной способностью требует для раскисления металла повышенных количеств ферросплавов, а это влечет за собою увеличение газонасыщенности стали и повышает содержание в ней продуктов раскисления. В табл. 11 приводятся сведения о количестве раскислителей, дающихся у различных по продолжительности плавков.

Из нее видно, что в коротких плавках, как правило, дается больше раскислителей, особенно ферромарганца, и одновременно сокращается время выдержки плавки в печи, после дачи раскислителей. Отмеченные моменты, естественно, сильно сказываются на качестве стали.

Таблица 11.

Продолжительность плавки в час.	Количество раскислителей на плавку 190 тн.				Выдержка вынм с раскислителями мин.
	Бедный FeSi тн.	FeMn тн.	45‰ FeSi тн.	Al Кг	
До 9 ч.	2,4	1,6	0,9	60	16
9—10	2,3	1,5	0,9	60	19
10—11	2,3	1,0	0,9	60	22
11—12	2,4	1,0	1,0	60	30
13—13	2,6	0,8	1,2	60	35

На стр. 29, в табл. 11, в 1-й графе, последняя строка, напечатано: «13 — 13»; следует читать: «12—13».

Рассмотрение некоторых технологических факторов мартеновского производства, влияющих на продолжительность плавки, показывает, таким образом, что не всегда можно идти по линии сокращения отдельных периодов плавки, и беспредельной интенсификации процессов, имеющих место в ванне. Любой фактор в сложном физико-химическом процессе, каким является мартенование, для определенных условий имеет свой оптимум, отклонения от которого ухудшает свойства конечного продукта. Очевидно, в практической работе это обстоятельство часто недоучитывается, так как наряду с операциями, которые можно и нужно сокращать для увеличения производительности печи, затрагиваются также такие, изменение которых ведет к понижению качества стали. В табл. 12 приводятся цифры брака по флокенам и внутренним трещинам, т. е. брака, который можно считать происходящим по вине процесса, в зависимости от продолжительности плавки. Другие виды брака, происходят, главным образом, по вине разливки и для характеристики процесса неинтересны.

Большой процент брака по флокенам и внутренним трещинам у коротких плавков отнюдь не говорит о том, что невозможно получение хорошей стали при коротких плавках: около 59% рассмотренных коротких плавков дали расходные коэффициенты по металлу в пределах плана. Это обстоятельство указы-

Таблица 12.

Пр дожит. плавков в часах	Число плавк	Брак в ‰ по флокенам внутр. трещ.
До 9 ч с.	21	20,1
9—10	70	11,4
10—11	89	4,5
11—12	46	—
12—13	9	—

вает только на то, что часть коротких плавков была сварена в условиях, при которых неблагоприятное влияние рассмотренных выше факторов суммировалось. В результате был получен металл очень плохого качества, что сильно сказалось на общем проценте брака для всей группы коротких плавков.

Произведенный анализ технологии коротких плавков дает возможность предположить, что большому браку у них по флокенам и внутренним трещинам способствовало:

1) сокращение прогрева сыпучих материалов, с которыми вносится много влаги в металл;

2) работа на шлаках с большим содержанием FeO, в результате больших присадок руды в полировку, с чем также связано введение влаги в металл;

3) повышенный расход раскислителей и увеличение в связи с этим газонасыщенности стали и продуктов раскисления в ней;

4) недостаточная выдержка ванны с раскислителями перед выпуском стали в ковш.

При ведении плавки можно сокращать ее продолжительность по перечисленным пунктам только до достижения оптимальных показателей по ним, но ни в коем случае не переходить оптимума. Вообще же сокращение длительности плавки должно идти за счет:

1) точной шихтовки, обеспечивающей расплавление на нижнем преде-

ле по углероду (1,2%) и устраняющей необходимость исправления шлака в период доводки;

2) постоянного содержания кремния в чугунах (до 0,8%);

3) хорошего прогрева шихты (послойная завалка сыпучей части около 50 минут и прогрев металлической завалки около 1 ч. 15 мин.);

4) всемерного сокращения продолжительности плавления;

5) повышения скоростей выгорания углерода в рудный период до 0,6% C в час и в период чистого кипения до 0,3% C в час;

6) работы на шлаках с содержанием FeO перед раскислением 6,0—7,0%.

7) интенсивного питания печи теплом во все периоды плавки.

Настоящая работа является попыткой выяснения особенностей технологии коротких плавков и влияния на качество стали продолжительности отдельных операций и процессов, имеющих место в мартеновании. Она позволяет наметить элементы, за счет которых следует добиваться сокращения плавки, а также указывает на те из них, чрезмерное изменение которых может привести к ухудшению свойств выплавляемой стали. Несомненно, что при правильном использовании всех возможностей для сокращения продолжительности плавки, короткие плавки могут давать устойчивые высокие показатели как в отношении качества стали, так и удельных расходов тепла.

Влияние основных факторов технологического процесса на газонасыщенность стали

Цель работы и методика отбора проб газов

Многие пороки стали (волосовина, трещины, пористость, шиферный излом и друг.), обнаруживаемые на готовых изделиях, в значительной мере обуславливаются наличием в стали газов вообще и водорода в частности. Вполне утвердившимся за последнее время считается такое положение, что основной причиной образования флокенов в стали является наличие в ней растворенного водорода. По данным Барденхойера, пороки, возникающие по вине водорода, происходят за счет разрывного действия молекулярного водорода, который не растворяется в стали. Следовательно, он не может быть удаленным из нее путем диффузии и, скапливаясь в небольших пустотах или загрязненных местах, создает большие давления (порядка нескольких тысяч атмосфер).

В результате образования чрезмерно больших напряжений, превосходящих сопротивление металла, образуются флокены, а в отдельных случаях наступает полное разрушение материала.

Несмотря на то, что отрицательное влияние газов на качество стали давно известно, условия, определяющие газонасыщенность стали по ходу доводки, на сегодняшний день достаточно не изучены.

Такое положение объясняется, видимо, теми трудностями, которые встречаются при отборах проб газа из жидкого металла в цеховых условиях.

Сам по себе существующий способ выплавки стали не дает возможности в какой-либо степени избежать попадания газов в металл по следующим причинам. Во-первых, все составляющие шихты (металлические и неметаллические) содержат какое-то количество газов, находящихся в абсорбированном или химически связанном состоянии: руда, известь — содержат влагу, необожженный известняк — влагу и углекислоту, в ржавых отходах металлов кроме окислов железа находится водород в связанном виде (гидрат окиси железа). По подсчетам Барденхойера 1% ржавчины вносит на тонну стали 2,5 м³ водорода, т. е. почти в 20 раз больше объема, занимаемого тонной стали в обычных условиях. Второй исходный материал шихты — чугуны, по мнению И. А. Соколова, может вносить в сталь азот, т. к. наиболее существенными из включений чугуна, являются включения азота и т. д. Во-вторых, железо обладает способностью растворять в себе газы, как в твердом, так и в жидком состоянии, в-третьих, сталь в процессе изготовления ее постоянно находится в соприкосновении с га-

зовой атмосферой печи, особенно в период завалки и плавления, а следовательно, в какой-то степени поглощает газы.

Ввиду того, что не представляется возможным устранить попадание газов в сталь в начальный период ее изготовления, перед сталеплавильщиками возникает задача отыскания методов уменьшения газонасыщенности металла в процессе выплавки его.

Целью данного исследования являлось подыскание методики отбора проб металла на определение газов в жидкой стали, установление связи между основными факторами технологического процесса и количеством выделяющихся газов, и нахождение оптимальных условий плавки, обеспечивающих получение стали с наименьшей газонасыщенностью (водородом).

Работа проводилась в обоих мартеновских цехах КМЗ на хорошо работающих печах с садкой до 200 тонн (3 печи) и 280—320 тонн (2 печи). Исследованием охвачены среднеуглеродистые марки стали (С-54, рельсовая) в количестве 25 плавков.

Для определения газонасыщенности был использован прибор инж. Лебедева*) с кварцевой трубкой (диам. 4,5—5 мм), смонтированный исследователями химического отдела С. Н. Еременко и В. Г. Комковой. Отбор проб газа производился 4 раза в следующие моменты плавки:

- 1-я—после расправления шихты.
- 2-я—в начале чистого кипения.
- 3-я—перед раскислением.
- 4-я—после раскисления перед выпуском.

Для нахождения соответствующих температурных условий, благоприятствующих наиболее полному очище-

нию металлов от газов, во время отбора проб газов, измерялась температура металла платино, платино-родиевой термопарой. С целью установления влияния физико-химических свойств шлака на условия газонасыщенности металла, определялась жидкоподвижность его—по ходу доводки вискозиметром Герги (диам. горизонтального канала 14 мм, вертикального — 18 мм, длина горизонтального канала 300 мм) в моменты взятия проб на газ. Пробы шлака из воронки вискозиметра подвергались химанализу. За технологическим процессом всех исследованных плавков велось тщательное наблюдение.

Забор проб металла на газонасыщенность производился обычной по форме ложкой сталевара с весом металла в ней около 2,5 кг. Пробы металла обязательно брались со шлаком на поверхности его. После удаления с небольшой части поверхности металла шлака, в ложку вводилась как можно глубже кварцевая трубка прибора Лебедева для отбора пробы на газ и термопара для замера температуры. Из всей системы прибора перед его употреблением воздух эвакуировался с помощью ртутного насоса до давления в десятые доли мм ртутного столба.

Замер температур и отбор проб газа с последующим определением составляющих его (CO , CO_2 , H_2 , O_2 , N_2) производился инженерами-исследователями химотдела В. Г. Комковой и С. Н. Еременко.

Результаты исследования.

Как видно из таблицы 1, полученные в результате анализа газы состоят главным образом из азота и водорода. Необходимо отметить, что динамика газов, (табл 1) по всем исследуемым плавкам не подчиняет-

*) Завод. Лаборатория № 10—11 за 1939 г.

На стр. 32 и 33, вторые колонки,
3-й строки сверху, следует читать:

а) на стр. 32: «температура метал-
ла платино—платино-родиевой термо-
парой».

б) на стр. 33: «часть полученных
материалов о наиболее...» х

ся единому закону; имеются плавки, в которых по ходу кипа происходило увеличение общего количества выделяющихся газов и водорода

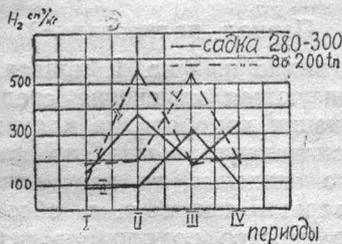
В настоящем предварительном сообщении использована только одна часть полученных материалов наиболее сильно действующем на ка-

Таблица № 1

№ № плавки	Периоды	Общее количество выделенного газа в см ³ на кг стали	Составляющие газа см ³ /кг					Составляющие газа в объемных процентах				
			N ₂	H ₂	CO	CO ₂	O ₂	N ₂	H ₂	CO	CO ₂	O ₂
11-202	II	729,3	235,9	244,9	217,2	11,8	19,5	32,3	33,6	29,9	1,5	2,7
	III	1305	453	496	257	99	9,0	34,7	38,1	19,7	6,82	0,7
	IV	347	10,8	272	50,5	9,0	4,7	3,2	78,4	14,5	2,6	1,3
6-501	I	329	42,5	165	101,6	20	нет	1,3	50,1	30,9	6,1	нет
	II	783	220	346	130	26	61	28,1	44,2	16,6	3,3	7,8
	III	833	367,5	320,8	92,5	29	18	44,78	38,5	11,1	3,48	2,14
	IV	455	39,7	316,3	74,5	24,5	нет	8,6	69,5	16,3	5,4	нет
11-200	II	828	554,4	267	нет	3,3	3,3	67	32,2	нет	0,4	0,4
	III	1117	845,5	266	нет	нет	5,5	75,6	23,9	нет	нет	0,5
	IV	265	—	75,0	4,2	нет	3,7	47,2	35	9,8	нет	9,0
13-230	II	973	773,8	88,0	нет	64,6	46,6	79,6	9,0	нет	6,6	4,8
	III	510	205	83	183	26,0	8,5	41,1	16,2	36,0	5,0	1,7
	IV	1120	887,1	193	6,6	11,3	22,0	79,46	17,2	0,58	1,0	1,96
4865	II	1130	160	950	нет	нет	20	11,8	84,7	нет	нет	1,7
	III	700	68	607	нет	нет	25	9,8	86,7	нет	нет	3,5
	IV	465	18,4	423	нет	11,8	11,8	3,7	90,9	нет	2,7	2,7

(фиг. 1), и встречаются плавки, в которых по ходу кипения уменьшалось содержание водорода и общего количества газов.

Анализ причин, порождающих указанное положение, будет приведен при описании результатов исследования по периодам.



Фиг. 1—Изменение содержания водорода по ходу плавки. I—группа плавки с увеличением содержания водорода по ходу кипа; II—тоже с уменьшением содержания водорода в кип.

чество металла газе — водороде:

во-первых, потому, что водород является органически связанным с ходом технологического процесса, в то время, как CO, CO₂, CH₄, по мнению проф. Карнаухова М. М., Шенка, проф. Иванова и др., являются продуктами вторичных реакций;

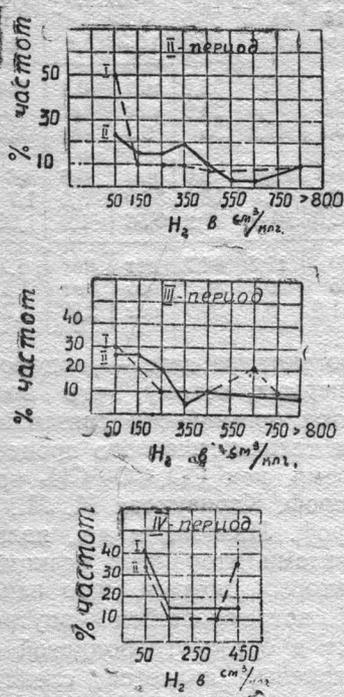
во-вторых, потому, что наиболее часто встречающийся внутренний дефект в среднеуглеродистой стали — флокены, является следствием содержания водорода в стали.

Наконец, борьба с водородом должна вестись прежде всего еще и потому, что виды брака, вызываемые им, в большинстве случаев обнаруживаются слишком поздно, уже после прохождения заготовкой всех стадий обработки в прокатных цехах, что связано со значительны-

ми материальными потерями для за- вода.

Влияние величины садки на содержание водорода в стали

С целью выяснения влияния разницы в глубине ванны, которая имеет место на исследуемых печах, на степень насыщенности стали водородом, были составлены частотные кривые, характеризующие динамику водорода по ходу доводки отдельно для плавков, выплавленных в печах с садкой до 200 тн и 280—320 тн (см. фиг. 2).



Фиг. 2—Частотные кривые, характеризующие динамику водорода по ходу доводки
I—для плавков садкой 280—320 тн.
II—для „ „ до 200 тн.

Как видно из фиг. 2, направление обеих кривых (II периода) почти одинаково. Максимум частот, как для плавков меньшей, так и для плавков большей садки соответствует одному значению по водороду (до 100 см³/кг). Но в то же самое время обращает на себя внимание некоторая разница по содержанию водорода в металле в 3-м периоде, становящаяся еще более значительной в 4-м периоде, т. е. после раскисления металла. В отличие от второго периода, в двух следующих — перед раскислением и после, максимум частот для плавков с садкой 280—320 тн смещается в сторону больших значений водорода. В 4-м периоде 35% плавков имеют водород, в стали уже порядка 450 см³/кг, в то время, как наибольший процент плавков для малых печей содержит только 100 см³/кг стали водорода. Повышение содержания водорода в 3-м и 4-м периодах в плавках I группы является прямым результатом, во-первых, большей садки, во-вторых, более глубоких ванн. Действительно, плавки глубоких ванн проводятся при наличии меньшей относительной поверхности дегазации на единицу металла и при пониженных скоростях выгорания углерода и тот и другой фактор не обеспечивают интенсивного выделения газов из металла.

Период полировки *)

Как видно из фиг. 1, кривая, характеризующая изменение среднего содержания водорода по ходу кипа от расплавления шихты до начала чистого кипения, во всех случаях идет вправо—вверх, т. е. абсолютное количество водорода в период

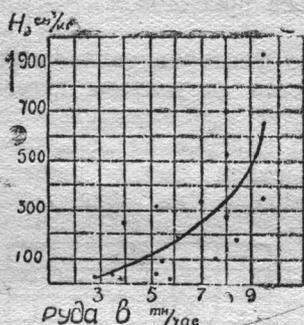
*) Вследствие незначительного количества плавков с пробами газа в первый период (по расплавлению) не было изучено влияние периодов завалки и плавления на величину газонасыщенности стали по расплавлению. Упущенное пополнится продолжающимся исследованием. Первые пробы газа в большинстве своем оказались неудачными и поэтому из обработки исключены.

На стр. 34, во 2-й колонке, 23
строка сверху, напечатано: «только
100 см³/кг стали водорода»; следует
читать: «водорода только 100 см³/кг
стали».

полировки всегда возрастает. Такому направлению кривой можно дать следующее объяснение.

Как уже указывалось выше, источником попадания газов в сталь, и в частности водорода, является влага неметаллической части шихты: руды, извести, боксита.

В период полировки как раз происходит присадка перечисленных материалов, причем, в отношении количества дачи их этот период является весьма напряженным. Значительное количество водорода мо-



Фиг. 3 — Влияние интенсивности дачи руды в полировку на содержание водорода в металле в начале кипа.

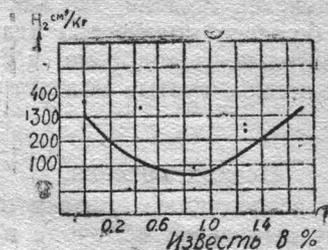
жет быть внесено в сталь в полировку в случае употребления сырых материалов.

Фиг. 3 характеризует собой зависимость содержания водорода в стали от интенсивности дачи руды (количество руды, отнесенное к единице времени) в полировку. Направление этой кривой со всей очевидностью показывает, что, чем более напряженно проводится дача руды, тем больше водорода обнаруживается в стали в начале кипения, несмотря на наличие высоких скоростей выгорания углерода в этот период.

Не всегда высокие скорости выгорания углерода способствуют интенсивному выделению из стали водорода; одним из основных усло-

вий для этого является наличие нормальных шлаков.

Жидкие пенистые шлаки, чаще всего имеющие место во время полировки, затрудняют выделение пузырьков окиси углерода (собственно поэтому шлак и вспенивается), с которыми удаляется и водород. Поэтому такие шлаки способствуют насыщению металла газами. От того, как проводится полировка рудой, зависит содержание водорода в стали. Нельзя давать чрезмерно большое количество ее в единицу времени, так как это способствует образованию пенистых с увеличенным



Фиг. 4 — Влияние % извести, заданной в полировку на содержание H₂ в стали (для плавок с садкой до 200 тн.)

содержанием окислов железа шлаков, и повышает относительное количество влаги, вводимой в металл. Полировку нужно производить со скоростью дачи руды, не превышающей 5 тн/час.

Направление кривой фиг. 4, устанавливающей зависимость между количеством водорода в начале кипа и % извести, даваемой в доводку, несколько иное. Увеличение дачи извести до некоторого вполне определенного количества ее вызывает снижение содержания водорода в стали, а дальнейшее увеличение резко повышает водород в стали. Оптимальным количеством извести в полировку, обеспечивающей получение относительно очищенного от

водорода металла, является 0,6 — 1,2% от металлической садки.

Снижение газонасыщенности металла при даче малых порций извести до 0,6—1,3% объясняется не тем, что присадка в таком количестве сама по себе способствует дегазации металла, а тем, что образуются нормальные шлаки, обеспечивающие должное кипение металла, а следовательно, и очищение его от газов. Это обстоятельство превалирует над отрицательным влиянием извести, как источника влаги. При больших же присадках извести отрицательное влияние ее проявляется в большей степени, так как вносится большее количество влаги, а следовательно и водорода, и создаются слишком густые малоактивные шлаки.

Период кипения.

Все исследуемые плавки по характеру выделения водорода в кип были разбиты на две группы (принцип разбивки заимствован из работы проф. Иванова П. Н.), в первую из которых вошли плавки с повышением водорода в стали к концу процесса кипения, во вторую — плавки с понижением содержания водорода в стали к моменту раскисления. Для выяснения причин, обуславливающих такое поведение водорода по ходу кипа была составлена сводная таблица 2, сопоставляющая ход технологического процесса плавки обеих групп по основным факторам.

Из последней не трудно убедиться, что вторая группа плавки была проведена в условиях, более благоприятствующих дегазации металла. Продолжительность активного кипения в плавках II группы больше, чем в плавках I группы. Показатель качества дегазации, т. е. количества

углерода, выгоревшего за период кипа, также значительно выше в плавках, по ходу кипения которых происходило понижение водорода.

Кроме этого почти все плавки I группы были проведены с присадкой значительных количеств добавочных материалов в кип (извести, плавикового шпата и боксита), которые и послужили источником для насыщения стали газами (водородом) к началу раскисления и особенно при ненормальных шлаках. Почти все плавки II группы проведены без присадок.

Влияние факторов технологического процесса на условия дегазации

Влияние продолжительности активного кипения на величину водорода в стали перед раскислением представлено на фиг. 5. Харак-



Фиг. 5—Зависимость между количеством H_2 в стали перед раскислением и продолжительностью кипения.

тер кривых для плавки малой и большой садки одинаков и позволяет сделать вывод, что чем больше общая продолжительность чистого кипения, тем менее газонасыщенным получается металл к началу раскисления, так как удаление водорода из стали происходит, главным образом, при кипении, одновременно с выделением пузырьков окиси углерода. За более длительный период выделения окиси углерода

Характеристика технологического процесса отдельных плавов I и II групп.

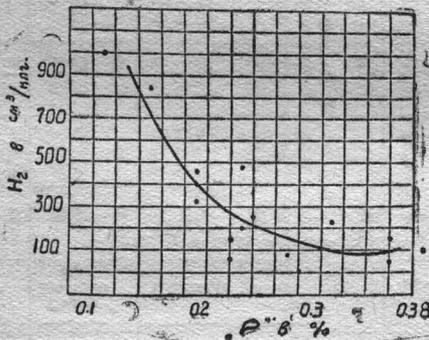
Таблица 2.

№№ плавов	Тоннаж печи	Продолж. кипения в час и мин.	Скорость выгорания „С“ 0/0/час					Среднее содержание Мп в период кипения	Н ₂ в см ³ /кг		Что давалось в плавку в период кипения	Характеристика шлака
			В I рудный период	II в среднем кипа	III За последние 30 мин.	Колич. „С“, выгоревшее в кип.	Среднее содержание Мп в период кипения		В начале кипа	Перед раскислением		
I. Группа плавов, по ходу кипения которых содержание водорода в стали возрастало.												
11—182	Садка до 200 тн.	080	0,46	0,22	0,22	0,11	0,27	330	1000	В кип нет добавок, в доводку 4 мульды извести и 2 носилки плавик. шпата. Давали плавик. шпат 40 кг. Плавик. шпат. В кип 1 мульда извести и 300 кг. FeMn. В доводку всего 5 мульд извести.	Шлак в начале кипа плохой тек. 210 мм. В начале кипа жидковатый. Тек. 240 мм. Перед раскислением шлак плохой Текучесть 185 мм.	
11—202		110	0,52	0,20	0,35	0,23	0,34	245	496			
6—478		045	0,44	0,20	0,21	0,15	0,28	376	855			
9—413		180	0,76	0,24	0,15	0,36	0,32	100	154			
Среднее	Садка 280—320 тн.	088	—	0,21	—	0,21	0,30	—	—	50 кг плавик. шпата. 1 мульда извести и 25 кг пл. шпата. — За 7 мин. до начала кипа 1,5 мульды извести и 2 тн. руды.	Шлак не уварившийся в начале кипа. Шлак в конце доводки жидкий. Тек >300 мм. Шлаки жидковатые. Шлаки пенялись, кипели очень вяло.	
4858		1 5	0,24	0,16	0,20	0,17	0,20	18	402			
13198		1 5	0,36	0,20	0,22	0,22	0,16	59	197			
4829		045	0,27	0,21	0,24	0,16	0,19	275	612			
13181		115	0,32	0,10	0,06	0,12	0,18	46	61			
Среднее		102	—	0,16	—	0,17	0,18	—	—			
II. Плавки, по ходу кипения которых содержание водорода в стали уменьшалось.												
6506	Садка до 200 тн.	180	0,36	0,19	0,17	0,28	0,28	—	нет	— — — 1/2 мульды извести. — 6 лопат плав. шпата.	Нормальные, текучесть 105 мм. Кипела хорошо. В начале кипа шлак плохой, перед раскислением нормальный. Текучесть 100 мм. Шлаки нормальные. " " Текуч. 145 мм. " " Текуч. 195 мм.	
6527		120	0,51	0,17	0,20	0,22	0,28	255	67			
6508		124	0,44	0,26	0,19	0,36	0,23	700	84			
9473		100	0,33	0,20	0,06	0,27	0,24	870	81,3			
6467	120	0,50	0,17	0,17	0,22	—	523	140				
6505	180	0,36	0,19	0,17	0,28	—	346	221				
Среднее	Садка 280—320 тн.	115	—	0,20	—	0,26	0,25	—	—	— — —	Шлаки нормальн. Тек. 100—65 мм. Нормальный.	
4856		120	0,35	0,22	0,18	0,27	0,20	187	60			
13235		120	0,31	0,15	0,09	0,20	0,20	310	264			
Среднее		120	—	0,16	—	0,23	0,19	—	—			

при достаточно интенсивном образовании пузырьков ее, т. е. при наличии высоких скоростей выгорания углерода, из металла удалится соответственно больше и водорода. Так как все плавки среднеуглеродистой стали, выплавляемые в мартеновских цехах КМЗ, не имеют продолжительности чистого кипения более 2 часов, то выявить влияние слишком большой продолжительности кипа на газонасыщенность не удалось. Однако, как показывают исследования проф. Иванова П. Н. и других, при чрезмерно большой продолжительности кипа металл получается более газонасыщенным. Это вполне понятно, так как продолжительному кипу сопутствуют слишком малые скорости выгорания углерода, при которых процесс дегазации протекает весьма слабо.

Влияние величины «Р» на абсолютное количество водорода в стали перед раскислением

Влияние величины показателя дегазации металла, являющегося произведением средней скорости выгорания углерода на продолжительность периода чистого кипения, показано в виде кривой на фиг. 6. По-



Фиг. 6—Влияние количества выгоревшего за кип углерода (R) на содержание водорода в металле перед раскислением.

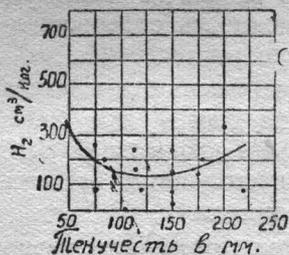
лученная зависимость дает возможность сказать, что данная величина по праву называется показателем дегазации металла, так как по существу представляет из себя не что иное, как количество CO , образовавшейся в период активного кипения, и являющейся, в свою очередь, активнейшим дегазатором водорода из стали. Следовательно, для того, чтобы успешно прошло выделение водорода из стали по ходу кипения нужно плавку вести при высоком значении «Р», а это, в свою очередь, достигается двумя путями: если плавка ведется при пониженных скоростях выгорания углерода, нужно продлить несколько для получения оптимальной величины «Р» общую продолжительность кипения и, наоборот, при ведении плавки на высоких скоростях выгорания «С» можно несколько сократить общую продолжительность кипения. Процесс дегазации металла осуществляется полнее при соответствующих значениях и того и другого. Средняя скорость выгорания углерода должна быть не менее 0,20% в час при продолжительности кипа не менее 1 часа.

Рассматривать влияние одних скоростей выгорания углерода оторванно от длительности кипения, равно как и продолжительности кипения оторванно от скоростей выгорания углерода было бы неправильно.

Влияние жидкоподвижности шлака на величину водорода в стали перед раскислением

Следующим фактором, способствующим понижению водорода в стали, является надлежащая жидкоподвижность шлака. На фиг. 7 показана зависимость между водородом в стали и текучестью шлака в мм определенной по вискозимет-

ру Герти. Характер кривой позволяет сделать заключение, что одинаково плохо иметь шлаки, как слишком густые, так и слишком жидкие. Увеличение жидкотекучести шлака до некоторого предела, вызывает снижение растворимости



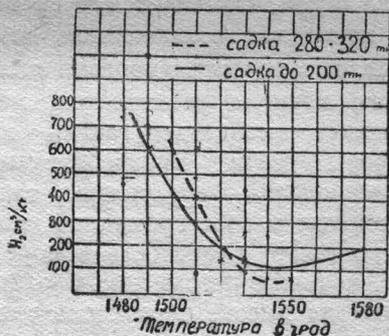
Фиг. 7—Влияние жидкотекучести шлака на содержание H_2 в стали.

водорода в стали, т. е. создает благоприятные условия для дегазации металла. Наличие нормальных по жидкоподвижности шлаков обеспечивает достаточно высокие скорости выгорания углерода, благодаря быстрой диффузии окислов железа (FeO) из шлака в металл, положительное влияние которых, при соответствующей длительности кипения, на условия дегазации рассматривалось выше.

Влияние температуры металла на содержание водорода в стали

Кривые, устанавливающие зависимость между температурой стали и содержанием водорода в ней перед раскислением, изображены на фиг. 8. Как видно из нее, повышение температуры металла до оптимального ее значения резко сказывается на насыщенности стали водородом, а именно — снижает раство-

римость H_2 в стали. Повышение температуры металла до 1550° создает более активные шлаки, способствующие интенсивному выгоранию углерода и дегазации металла. При-



Фиг. 8 — Влияние температуры металла на условия растворимости.

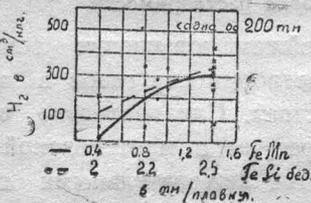
дальнейшем повышении температуры растворимость газов в металле возрастает. Следовательно, высокие температуры в мартеновской печи являются нежелательными по тем соображениям, что при наличии их процессы поглощения газов сталью начинают превалировать над процессом выделения их.

На условия газонасыщенности стали безусловно влияет много других факторов технологического процесса, о которых в настоящем предварительном сообщении не упоминается, например: условия завалки и плавления шихты, поведение марганца по ходу доводки, химсостав шлака и др.

Период раскисления

Все исследуемые плавки по насыщенности водородом в процессе раскисления разбиваются на две группы. Основная масса плавков входит в 1-ю группу, у которой в процессе раскисления происходило увеличение водорода в стали. Плавки

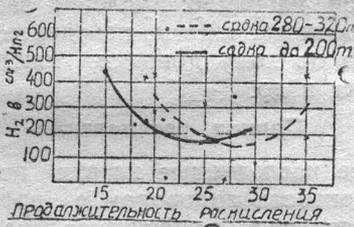
второй группы характеризуются уменьшением водорода после раскисления. По характеру своему, процесс раскисления стали не является благоприятным для удаления водорода из стали, так как в это время ванна находится в спокойном состоянии, и в течение довольно длительного периода раскисления, металл может насыщаться газами из атмосферы печи. Употребляемые для раскисления ферросплавы, также содержат в себе громадное количество газов, в частности, водород и азот, которые несомненно вносятся в металл вместе с раскислителями.



Фиг. 9—9а Влияние количества даваемых раскислителей на величину H_2 в жидкой стали после раскисления.

На фиг. 9 для печей с садкой до 200 тн.
 — FeSi бедн. в тн/п-ку
 — FeMn

Кроме этого, повышение абсолютного количества водорода после раскисления можно объяснить еще

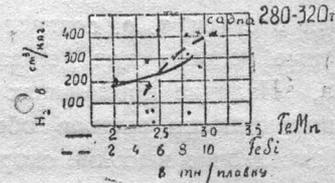


Фиг. 10. Влияние продолжительности раскисления на содержание водорода в жидкой стали после раскисления.

— для печей до 200 тн.
 — садка 280—320 тн.

увеличением концентрации в стали кремния и марганца, которые являются элементами, прямым или косвенным образом (путем связывания газов в хим. соединения) увеличивающими растворимость водорода в металле. В подтверждение вышесказанного на фиг. 9 и 9а представлена зависимость содержания водорода после раскисления от количества даваемых раскислителей. Как видно из кривой, чем больше раскислителей вводится в ванну, тем более насыщенным газом получается металл.

Продолжительность периода раскисления также является фактором,



На фиг. 9а для печей с садкой до 320 тн.
 — FeMn в тн/п-ку
 — FeSi бедн.

от которого в какой-то степени зависит газонасыщенность стали. На фиг. 10 приведена зависимость содержания водорода в стали после раскисления от продолжительности периода раскисления. Наиболее желательной продолжительностью раскисления, обеспечивающей минимальную растворимость водорода в стали, является:

Для малых печей 20—25 минут, для печей с большой садкой 25—30 минут.

Одной из основных причин, обус-

ловившей уменьшение водорода в стали после раскисления во II-й группе плавов, явилось более резкое, по сравнению с плавками I группы, понижение температуры металла к концу раскисления, и связанная с этим неполнота выделения водорода из стали в момент отбора проб газа. В остальном все плавки обеих групп находились в равных условиях.

ВЫВОДЫ.

Данным исследованием установлено, что:

1. В печах с более глубокой ванной (с садкой 280—320 тн.), абсолютное количество водорода в металле перед раскислением и после раскисления выше, нежели в печах с садкой до 200 тн.

2. Ход технологического процесса влияет на газонасыщенность стали по водороду.

3. Для получения стали с наименьшим содержанием водорода, необходимо:

а) полировку проводить с интенсивностью дачи руды в 5 тн в час. При этом не допускать дачу влажной руды. Желательно ввести экспрессанализ на влагу в полировочной руде;

б) употреблять в полировку свежееобожженную известь, учитывая ее способность быстро гаситься, в количестве, не превышающем 1,2% от веса металлической садки;

в) процесс окисления углерода вести интенсивно с таким расчетом, чтобы показатель качества дегаза-

ции металла не снижался ниже 0,28 (для малых печей). Для достижения указанного условия можно, при наличии несколько пониженных скоростей выгорания углерода, увеличивать общую длительность активного кипения, и, наоборот;

г) общую продолжительность кипения (при средней скорости выгорания углерода = 0,20 — 0,35% в час) иметь в пределах 1^{00} — 1^{30} , для малых печей. Снижение скорости выгорания ниже 0,20 не рекомендуется;

д) ни в коем случае не производить присадок большого количества извести, боксита, плавикового шпата в период кипения. Плавки, проведенные без исправления шлака в кип, характеризуются наименьшим содержанием водорода в стали к началу раскисления. Наведение соответствующего шлака производить только в полировку. Для поддержания необходимой скорости выгорания углерода можно в самом начале кипения, приблизительно за 40—50 минут до раскисления, присаживать килограммов 300 руды вручную;

е) иметь шлаки надлежащей жидкотекучести. Величина ее по вискозиметру указанных выше размеров должна укладываться в пределы 100—180 мм;

ж) стремиться к минимальному количеству присаживаемых раскислителей, достаточному для доведения стали до заданного анализа. Нужно процесс плавки вести таким образом, чтобы к началу раскисления иметь наименее окисленный ме-

талл (это достигается наличием нормальных шлаков, соответствующим температурным режимом, содержанием Mn; последний по ходу кипа не снижать ниже 0,20%, и достаточно высокими скоростями выгорания углерода);

з) не затягивать период раскисле-

ния, обязательно выключать на это время коксовый газ и воздух. Оптимальной величиной общей продолжительности раскисления нужно считать:

20—25 минут для печей малой садки, 25—30 минут для печей большой садки.

Условия разливки спокойного металла на КМЗ

Целью настоящего исследования было нахождение значений температуры металла при разливке и скоростей наполнения изложниц, при которых получается наилучшая макроструктура заготовки*). Исследованию было подвергнуто 20 плавков (11 из них разлито через промежуточное корыто и 9 непосредственно из ковша) стали С-54. Наблюдения велись за технологией выплавки и прокатки металла, начиная от завалки мартеновской печи до склада заготовки.

Обработка материала для настоящего предварительного сообщения велась по двум направлениям:

1. Находилась зависимость от изменения температуры металла и скорости разливки, общеметаллургического брака, под которым понимается суммарный брак по таким дефектам макроструктуры, как общая пористость поперечного сечения заготовки, осевая рыхлость и ликвационные явления. Дефекты по так называемой «корочке», являющиеся в основном результатом организации операции разливки исключались из общеметаллургического брака и о них ниже будет указано особо.

2. Выявлялась зависимость каждого из основных дефектов макроструктуры (точечная сегрегация и

осевая рыхлость) от изменения скорости и температуры металла при разливке.

Наиболее важным, с точки зрения выработки определенного режима разливки, является выявление первой из указанных двух зависимостей. Установление точной количественной зависимости от условий разливки отдельно каждого порока, может быть проведено только при наличии и строгом выполнении определенного режима выплавки металла и дальнейшей его обработки. Решение вопроса о зависимости общеметаллургического брака от условий разливки, позволяет мартеновским цехам установить определенный режим хода плавки, в результате которого металл будет иметь именно ту температуру, при которой, соблюдая сохранение необходимых скоростей, сквозной расходный коэффициент получится наименьшим.

Влияние условий разливки на количество общеметаллургического брака.

При разливке металла через промежуточное корыто изменение величины общеметаллургического брака происходит в зависимости от температуры металла из ковша. (см. табл. 1), следующим образом:

*) В исследовании принимали участие от СМЗ инженеры Д. Г. Горшенин и Е. К. Вяткин, от КМЗ инженеры М. И. Бондарева, Ю. М. Кабак и Л. Н. Рогожин.

Таблица 1.
Зависимость количества общеметаллургического брака от температуры металла при разливке через промежуточное корыто.

	1450— 1445°	1444— 1435°	1434— 1425°	1424— 1415°	1414— 1405°
Вес слитков в тн.	40,84	189,93	463,74	410,87	99,65
Вес брака в тн.	0,5	2,56	13,63	13,39	8,72
Брак в %	1,2	1,35	2,94	4,62	8,75

Из данных таблицы 1 видно, что лишь при температуре металла выше 1445° по Пиропто без поправки, можно получить полное устранение общеметаллургического брака по вине разливки при прочих нормальных условиях. Верхний предел повышения температуры металла, несомненно существующий, исследованием не установлен из-за отсутствия более горячо разлитых плавок. Как и следовало ожидать, при разливке непосредственно из ковша изменение температуры ме-

талла действует в том же направлении на количество общеметаллургического брака, что видно из таблицы 2.

По этим данным пределом температуры металла при разливке непосредственно из ковша является 1435° по Пиропто без поправки. Верхний предел также как и при разливке через промежуточное корыто не был установлен.

Влияние скорости наполнения изложниц было рассмотрено в связи с температурой металла при разливке. В таблице 3 приведены данные о влиянии скорости наполнения изложниц при температуре металла выше 1430° по Пиропто без поправки, при разливке стали через промежуточное корыто.

Из таблицы 3 следует, что при разливке через корыто металла с температурой выше 1430° необходимо, для получения наименьшего количества брака, иметь скорость наполнения изложниц не выше 1,2 тн/мин. При понижении температу-

Таблица 2.
Зависимость количества общеметаллургического брака от температуры металла при разливке непосредственно из ковша.

	1450— 1445°	1444— 1435°	1434— 1425°	1424— 1415°	1414— 1405°	1404— 1395°
Вес слитков в тн.	23,01	35,69	206,09	400,09	235,71	135,26
Вес брака в тн.	0	0	2,98	4,76	3,74	5,50
Брак в тн.	0	0	0,97	1,20	1,59	4,07

Таблица 3.
Влияние скорости наполнения изложниц на общеметаллургический брак при разливке через промежуточное корыто.
(Температура металла выше 1430°).

Скорость разливки в тн/мин.	1,00—1,19	1,20—1,39	1,40—1,59
Вес слитков в тн.	16,84	114,20	215,35
Вес брака в тн.	0	1,0	3,91
Брак в %	0	0,87	1,82

ПРИМЕЧАНИЕ: на 8 интервалов скорости наполнения изложниц выше 1,60 тн/мин. падает 70% слитков, поэтому из рассмотрения они исключены.

ры металла оптимум скорости наполнения изложниц сдвигается в сторону больших величин. Как видно из таблицы 4, при температуре ниже 1430° оптимальное значение скорости разливки лежит в пределах 1,50—1,70 тн/мин.

Аналогичные результаты дает обработка материалов по разливке непосредственно из ковша.

Из таблицы 5 видно, что металл с температурой выше 1420° дает минимальное количество общеметаллургического брака при наимень-

ших из имевшихся скоростях наполнения изложниц (2,0—3,0 тн/мин).

Некоторое снижение количества брака при скорости 5—6 тн/мин, (см. табл. 5) явилось результатом того, что в этом интервале большую часть составляют слитки, отлитые с максимальной температурой.

Для слитков, отлитых при более низкой температуре оптимум скорости разливки лежит в интервале, более высоких величин (табл. 6). Однако, по мере снижения темпера-

Таблица 4.

Влияние скорости наполнения изложниц на общеметаллургический брак при разливке через промежуточное корыто.

Скорость разливки в тн/мин.	0,70— 0,89	0,90— 1,09	1,10— 1,29	1,30— 1,49	1,50— 1,69	1,70— 1,89	1,90 и выше
Вес слитков в тн.	11,68	50,61	132,55	174,85	170,17	189,93	47,75
Вес брака в тн.	1,47	4,37	11,28	8,61	2,0	8,31	2,83
Брак в %	12,62	8,63	8,50	4,93	1,17	5,23	5,93

Таблица 5

Влияние скорости наполнения изложниц на общеметаллургический брак при разливке непосредственно из ковша.
(Температура металла выше 1420°).

Скорость разливки тн/мин.	2,0—2,99	3,0—3,99	4,0—4,99	5,0—5,99
Вес слитков в тн.	11,05	210,19	237,0	136,86
Вес брака в тн.	0	1,0	2,65	1,0
Брак в %	0	0,48	1,12	0,93

Таблица 6.

Влияние скорости наполнения изложниц на общеметаллургический брак при разливке непосредственно из ковша.
(Температура металла 1420°).

Скорость разливки тн/мин.	4,49—3,50	3,49—2,50	2,49—1,50
Вес слитков в тн.	180,91	328,82	80,92
Вес брака в тн.	5,55	4,19	3,38
Брак в %	8,05	1,27	2,94

(Температура металла ниже 1415°).

Вес слитков в тн.	123,88	235,12	63,81
Вес брака в тн.	4,17	4,19	1,88
Брак в %	3,36	1,78	2,94

туры металла общеметаллургический брак соответствующий оптимальным значениям скорости наполнения изложниц, непрерывно повышается. Поэтому необходимо предупредить неправильное заключение о возможности разливки холодного металла, при получившихся оптимальных скоростях. Действительно, каждому интервалу температур металла соответствуют определенные скорости наполнения изложниц, однако, величина брака, соответствующая этим оптимумам непрерывно возрастает с понижением температуры. Этим доказывается ошибочность распространенного мнения о том, что смещение оптимума скорости разливки к меньшим величинам, при повышении температуры металла, является равносильным понижению температуры его. Необходимость понижения скорости наполнения изложниц вызвана изменением в ходе кристаллизации слитка более горячего металла.

Из всего рассмотренного выше следует, что для устранения общеметаллургического брака необходимы условия разливки, которые могут быть обеспечены только применением промежуточного устройства. Существовавшее до настоящего времени промежуточное корыто, из-за неудачной конструкции, не обеспечивало устранения брака и даже способствовало повышению расход-

ных коэффициентов. Применяемая в настоящее время разливка непосредственно из ковша, также не обеспечивает устранения общеметаллургического брака по указанным выше причинам. Поэтому необходимо в кратчайший срок изготовить совершенное промежуточное устройство, применение которого, обеспечивая оптимальные условия разливки, позволит резко снизить сквозной расходный коэффициент и обеспечит высокое качество металла.

Влияние условий разливки на развитие точечной сегрегации и осевой рыхлости.

При обработке материалов исследования по каждому виду порока макроструктуры был выработан альбом эталонов, отражающих различную степень развития дефекта. Так, например, для точечной сегрегации имелось 4 эталона: ТС-1 — темплет со слабо выраженной точечной сегрегацией; ТС-2 — темплет с отчетливой точечной сегрегацией; ТС-3 и ТС-4 — темплеты с сильно и очень сильно развитой точечной сегрегацией. Все темплеты опытных плавков разбивались на группы в соответствии с эталонами и производилось выявление зависимостей интенсивности развития дефекта от условий разливки.

Влияние температуры металла при

Таблица 7.

Влияние температуры металла при разливке через промежуточное корыто на развитие точечной сегрегации.

Температура металла в °С	Скорость разливки в т/мин.	до 0,99	1,0—1,6	1,6—2,2
1440 и выше		0%	2/57 или 3,5%	1/22 или 4,6%
1439—1443		0%	15/170 " 8,8 "	3/33 " 9,1 "
1429—1420		0%	24/179 " 13,4 "	15/88 " 17,1 "
1420—1405		3/21 или 14,3%	20/119 " 16,8 "	16/74 " 21,6 "

ПРИМЕЧАНИЕ: в таблице указано количество темплетов, соответствующих ТС-3, ТС-4 в процентах к общему количеству темплетов, соответствующих данной температуре и скорости разливки.

разливке на развитие точечной сегрегации дано в таблице 7. В ней приведены только темплеты ТС-3 и ТС-4, поскольку степень развития точечной сегрегации, соответствующая этим эталонам, в большинстве отвечает браку по макроструктуре. Как видно из таблицы 7, повышение температуры металла при разливке соответствует снижению относительного количества темплетов, пораженных точечной сегрегацией и повышается количество чистых темплетов.

Влияние температуры на развитие

Приведенные материалы лишней раз подтверждают выводы, сделанные выше о влиянии условий разливки на количество общеметаллургического брака, в основном состоящего из точечной сегрегации и осевой рыхлости.

Влияние скорости разливки на развитие точечной сегрегации приведено в таблице 7. Из нее следует, что наилучшей для устранения точечной сегрегации является скорость разливки через корыто, равная, примерно, 1 тн/мин. и температура металла выше 1440° по Пиропто без поправки.

Таблица 8.

Влияние температуры металла при разливке через промежуточное корыто на развитие осевой рыхлости.

	1445° и выше	1444— 1435	1434— 1425	1424— 1415	1414— 1405
Количество темплетов Р-3 и Р-4 к общему количеству темплетов	Интервал скорости разливки 1,0—1,6 тн/мин.				
	0%	0	4,7	5,8	9,1
Количество темплетов Р-3 и Р-4 в % к общему количеству темплетов	Интервал скорости разливки 1,9—2,2 тн/мин.				
	0%	0	0	3,9	5,9

осевой рыхлости приведено в таблице 8.

Количество темплетов, имеющих осевую рыхлость, соответствующую эталонам Р-3 и Р-4 и по степени развития этого порока являющихся браком, уменьшается с повышением температуры.

Такое направление изменения относительно количества темплетов, пораженных, так называемой точечной сегрегацией и осевой рыхлостью с повышением температуры металла при разливке, закономерно, поскольку и один и другой вид дефекта являются пористостью металла.

Брак по «корочке» и условия разливки

Весьма вероятно, что брак по так называемой «корочке» в верхней части слитка вызывается следующими явлениями, происходящими в процессе разливки. При разливке непосредственно из ковша, после наполнения изложницы до прибыльной надставки, разливщик вынужден прикрывать струю на некоторое время, необходимое для затвердевания металла между утеплителем и изложницей. С этой целью разливщик, после наполнения до при-

бильной надставки одной изложницы, наполняет другую изложницу, а затем приступает к наполнению утеплителя первой изложницы. За время такого перерыва не только застывает металл между утеплителем и изложницей, но и образуется достаточно толстая корка на поверхности налитого до надставки слитка. При доливании утеплителя, образовавшаяся корка затягивается струей металла в глубь слитка. Разливка через промежуточное корыто, при которой утеплитель доливается без значительного перерыва струи,

вид брака температуры металла при разливке.

Влияние температуры металла объясняется тем, что разность скоростей затвердевания более горячего металла в узком просвете между надставкой и холодной изложницей и на поверхности налитого слитка, более чем при более холодном металле.

Из всего сказанного очевидно, что радикальной мерой для понижения расходного коэффициента с полным устранением брака по «корочке» является переход к разливке

Таблица 9.

Влияние продолжительности перерыва струи на количество брака по «корочке».

Время (мин сек.)	Время (мин сек.)				
	До 1 мин. 15 сек.	1 м. 16 с. до 1 м. 45 с.	1 м. 46 с. до 2 м. 15 с.	2 м. 16 с. до 2 м. 45 с.	2 м. 46 с. и выше
Всего рассмотрено слитков	5	75	69	24	10
Слитков, имевших «корочку» в темплетях	0	21	29	9	6
Количество слитков с «корочкой» в 0%	0	28	42	37,5	60

Таблица 10.

Влияние температуры металла при разливке на образование «корочки».

	1445—1430	1430—1415	1415—1400
Общее колич. рассмотренных слитков	30	99	51
Количество слитков, имевших «корочку»	7	36	22
Колич. слитков с «корочкой» в 0%	23,3	36,4	43,1

и обрезки с головной части слитка в 14% давала меньше брака по «корочке», исключая случаи значительных перерывов струи при аварийной разливке. В качестве иллюстраций, в таблице 9 приведено влияние продолжительности перерыва струи на количество брака по «корочке», а в таблице 10, влияние на этот же

через совершенное промежуточное устройство.

Внешние пороки блюмсов и условия разливки.

Для выяснения влияния изменений температуры металла при разливке и скорости разливки на степень пораженности металла внешними пороками (трещины, волосови-

ны, пленки и пр.) производился осмотр каждой грани блюмса.

Полученные данные приведены в таблице 11 и 12.

ния был опробован ряд методов измерения температуры металла, и наилучшим из них в смысле простоты прибора и точности определе-

Таблица 11.

Зависимость между внешними пороками и температурой разливки

Температура разливки °С	Разливка через корыто				Разливка без корыта			
	Кол-во осмтр. блюмс.	Кол-во граней	Граней чистых от пороков		Кол-во осмтр. блюмс.	Кол-во граней	Граней чистых от пороков	
			Кол-во	0/0			Кол-во	0/0
1415	24	96	75	78,1	—	—	—	—
1444—1435	116	464	355	76,4	—	—	—	—
1434—1425	112	448	318	69,9	184	736	521	70,8
1424—1415	104	416	313	73,0	172	688	472	68,6
1414—1405	24	96	81	84,4	96	384	270	70,3
1405 и ниже	—	—	—	—	80	320	221	69,1

Таблица 12.

Разливка через корыто					Разливка без корыта				
Скорость разливки т/мин.	Кол-во осмтр. блюмс.	Кол-во граней	Граней чистых от пороков		Скорость разливки т/мин.	Кол-во осмтр. блюмс.	Кол-во граней	Граней чистых от пороков	
			Кол-во	0/0				Кол-во	0/0
выше 1,6	56	224	158	70,4	выше 4,5	96	384	252	65,6
1,59—1,3	216	864	629	72,1	4,49—3,5	216	864	580	67,1
ниже 1,3	108	432	339	78,5	ниже 3,5	176	704	475	67,4

По данным таблиц можно сделать следующие выводы:

1. Зависимости между изменениями температуры металла при разливке и внешними пороками не наблюдается.

2. С уменьшением скорости разливки количество внешних пороков на блюмсах уменьшается.

Обеспечение оптимальной температуры металла при разливке.

Возникает вопрос, как же обеспечить получение оптимальной температуры при разливке? Для этого необходим замер температуры металла по ходу плавки. В процессе проведения настоящего исследова-

ния, оказался замер с помощью платино-платинородиевой термопары. Спай термопары предохранялся кварцевыми колпачками, меняющимися через каждые 3 — 4 замера. Проведенные для 20 опытных плавок замеры температуры позволили сделать вывод о величине перепада температур металла перед подачей ферромарганца и на разливке. Нормальным, согласно полученных исследований данных, является перепад в пределах 135—170 условных градусов. Так как замер температур перед подачей FeMn производился термопарой, дающей абсолютную величину температуры, а при разливке—пирометром, показав-

ния которого занижены на величину поправки на излучение, то разность выражена в условных единицах, названных нами условными градусами. Дальнейшее уточнение указанной величины перепада должно быть проведено на большем количестве плавок. Сужение пределов перепада требует стандартизации

хода раскисления, продолжительности выпуска, подготовки ковша, передачи ковша и т. д. Таким образом, вопрос замера температуры металла по ходу плавки разрешается достаточно полно рекомендуемым методом с помощью термомпары.

Окончательные результаты будут сообщены после проведения исследования в полном его объеме.

Анализ гидравлического процесса разливки стали на КМЗ

Разливка стали на современных металлургических заводах является одной из ответственных операций, во многом определяющей качество выпускаемой стали. В практике сталелитейного производства часто наблюдаются случаи, когда прекрасно приготовленный металл в печи, но плохо разлитый по изложницам, не обеспечивает получения здорового слитка. Неправильная разливка, как правило, ведет к поражению слитков неметаллическими включениями, газовыми пузырями с образованием в нем большой усадочной раковины, грубой структуры, плохой поверхности и других дефектов.

За последнее время вопросу разливки металла в литературе посвящается много материала, где подробно разбирается влияние отдельных факторов, вызывающих литейные пороки в слитке. Анализ пороков производится преимущественно с металлургической точки зрения и мало уделяется внимания вопросам гидравлики, которые безусловно имеют колоссальное значение в получении здорового слитка. Практически наполнение изложниц можно производить при любой скорости. Однако для того, чтобы получить металл хорошего качества и избежать образования указанных выше дефектов, разливку стали необходимо вести при оптимальной скорости

наполнения изложницы, увязывая ее с природой разливаемого металла, формой и развесом слитка.

Во многих случаях предпочитается вести разливку по возможности медленно, с тем, чтобы обеспечить плавное и равномерное движение металла. Но в этом есть опасность образования на поверхности металла шлаковой корки, которая по мере наполнения изложницы может подворачиваться и оставаться в слитке.

В отношении оптимального времени наполнения изложниц до сего времени нет единого взгляда, в результате чего в литературе приводятся разноречивые данные. Некоторые исследователи указывают, что медленная разливка вполне обеспечивает получение здорового слитка, другие наоборот отрицают это и склоняются к тому, чтобы вести разливку возможно быстрее.

Так например по материалам конференции мартеновцев, происходившей в гор. Харькове в 1939 г. разливку стали для больших слитков рекомендуется вести медленно, с линейной скоростью наполнения изложниц от 400 до 600 мм в минуту, в то время, как на КМЗ придерживаются другого мнения и ведут разливку при очень больших скоростях достигающих до 1.800 мм в минуту.

При разливке металла сверху через стопорный стаканчик, имеет

особенно большое значение скорость истечения струи металла, величина которой во многом предрешает качество слитка, а также срок службы поддонов и изложниц.

Из гидравлики известно, что в зависимости от величины скорости истечения жидкости можно осуществить ламинарное или турбулентное движение, разновидность которого, очевидно, каким то образом должна отражаться на качестве разливаемого металла. При турбулентном движении надо полагать будет происходить хорошее перемешивание металла, что благоприятно должно повлиять на процесс диффузии и выравнивание химического состава в слитке. Помимо этого турбулентное движение должно активировать процесс коагуляции и коалесценции неметаллических включений и газовых пузырей, тем самым благоприятствовать удалению их из металла. За счет перевода ламинарного движения в турбулентное представляется возможность, уменьшить кинетическую энергию струи, что очень ценно для работы поддонов и изложниц. Поэтому изучение гидравлического процесса, сопровождающего разливку стали является актуальной задачей, удачное разрешение которой безусловно позволит повысить не только качество металла, но и увеличить срок службы поддонов и изложниц.

Несмотря на важность этого вопроса гидравлическому процессу разливки стали не уделяется должного внимания, в результате чего в литературе нет достаточных указаний, которыми можно было бы воспользоваться для определения оптимального режима по выпуску металла из печи, опорожнения ковша и разливке его по изложницам.

Практика работы КМЗ показывает, что недооценка гидравлического

процесса часто приводит к повышению брака слитков и слишком высокому расходу поддонов и изложниц. Принятая разливка на КМЗ не обеспечивает плавного заполнения изложниц, она сопровождается большими гидравлическими ударами в отдельных случаях превышающих временное сопротивление чугуна, что ведет к преждевременному разрушению поддонов и изложниц, и загрязнению металла чугуном.

Учитывая вышесказанное, явилась настоятельная необходимость заняться изучением гидравлического процесса разливки стали на КМЗ с тем, чтобы установить существующий режим истечения металла из ковша и поведение его в изложнице.

В основу изучения были положены существующие законы гидравлики, принимая при этом жидкую сталь как тело обладающее всеми свойствами жидкости, существующей при нормальной температуре.

Жидкости по своей природе отличаются между собой большей или меньшей подвижностью частиц, разной сопротивляемостью силам, стремящимся удалить одну частицу жидкости от другой и способностью при известных условиях прилипнуть к стенкам сосуда.

Поименованные свойства жидкости в технике принято оценивать коэффициентом вязкости, поверхностного натяжения и смачиваемостью. В гидравлике наиболее важной характеристикой жидкости считается коэффициент вязкости, который вводится во многие гидравлические расчеты, остальные свойства учитываются реже.

По данным Тильмана и Виммера и другим литературным данным коэффициент вязкости для стали мало отличается от коэффициента вязко-

сти для воды и в зависимости от температуры нагрева и содержания углерода в сплаве колеблется в пределах от 1,45 до 2,9 сантипуаз. Это указывает, что жидкая сталь по природе своих гидравлических качеств должна мало отличаться от воды. При исследовании гидравлического процесса вначале были изучены существующие условия, при которых производится разливка стали на КМЗ. Затем был проведен ряд наблюдений за режимом опорожнения ковша и режимом наполнения изложниц для разных марок сталей — конструкционной, рельсовой и кипящей.

Полученные данные послужили отправным материалом для анализа основных гидравлических операций, протекающих во время разливки стали.

Условия разливки стали на КМЗ

Разливка стали по изложницам на КМЗ производится непосредственно из больших разливочных ковшей емкостью 192 тонны.

Выдача металла из ковша осуществляется через стопорный стаканчик, который по профилю своего отверстия относится к цилиндрическим, сходящимся насадком с углом при вершине конуса $\delta = 5^\circ$. Диаметр узкого отверстия принят $d = 40$ мм., высота $h = 350$ мм. Общий вид и основные размеры стопорного стаканчика КМЗ приводятся на фиг. 1.

Разливочный ковш по геометрической форме представляет собою усеченный конус с радиусом верхнего основания $R = 1,876$ м., нижнего $r = 1,375$ м и высотой $h = 3,750$ м.*)

Объем ковша, подсчитанный по формуле для усеченного конуса составляет $V = 31,5$ м³.

Объем жидкости в ковше, в зависимости от расположения ее уровня (H) определяется из уравнения.

$$V = 0,019H^3 + 0,57H^2 + 5,94H \quad (1)$$

которое получено из преобразования формулы для усеченного конуса путем замены $R = r + 0,13H$ и подстановки числового значения $r = 1,375$ м.



Фиг. 1. Стопорный стаканчик КМЗ.

Примем вес единицы объема жидкого металла 6,9 тн/м³, тогда его объем, занимаемый в ковше, составит $192:6,9 = 27,8$ м³, остальная часть объема 3,7 м³, заполняется шлаком. При данных условиях уровень металла в ковше (согласно рас-

*) Размеры ковша взяты перед его употреблением, которые несколько не совпадают с размерами, указанными на чертеже завода.

чета) располагается на высоте 3,525 м. с радиусом зеркала 1,76 м. и высотой шлака над ним 0,225 м. Высота слоя шлака остающегося в ковше после разливки металла соответственно составит 0,62 м.

Разливка металла производится в изложницы двух типов — закрытые с уширением кверху и открытые с уширением книзу. Основные их размеры и средний развес отливаемых в них слитков, приведены в таблице 4.

Таблица 4

Тип изложниц	Основн. размеры изложниц в метрах					Средн. вес слитка в тн		
	Среднее сечение в свету	Высота	Об'ем, за-полняемый металлом	Об'ем, за-полняемый металлом	Об'ем, за-полняемый металлом	Конструк-ц. сталь	Рельсовая сталь	Кипящая сталь
Закрыт.	0,63x0,63	1,8	0,97	0,786	5,4	—	—	—
Открыт.	0,71x0,71	2,25	1,00	1,14	—	8,0	6,8	—

Перед употреблением все изложницы обязательно проходят окраску внутренней поверхности каменноугольной смолой. При этом они предварительно нагреваются до температуры 120°С. Подготовка и сборка изложниц производится в стриперном цехе, откуда они уже в собранном виде подаются в мартеновский цех под разливку. Подача изложниц производится на специальных тележках, на которых они и заливаются металлом.

Температурный режим разливки стали принят 1410—1420 по Рупорто без поправки на черное тело. Отступление от указанной температуры наблюдается редко.

Время разливки металла колеблется в широких пределах, так например, кипящая сталь разливается обычно в течение 60—70 минут, рельсовая 80—90 минут и конструкционная 90 — 100 минут.

Длина вытекающей струи из ковша емкостью 192 тонны при диа-

метре стопорного стаканчика 40 мм составляет:

$$\frac{192}{6,9 \cdot 0,0026} = 22060 \text{ м}$$

Поверхность струи согласно ее длине и диаметру составляет:

$$\pi d \cdot 22060 = 3,14 \cdot 0,04 \cdot 22060 = 3560 \text{ м}^2$$

Общий вид разливки стали через стопорный стаканчик принятый на КМЗ показан на фиг. 2.

В начале 1940 г. на КМЗ при разливке некоторых марок сталей ввели промежуточное устройство, в результате чего время наполнения изложниц увеличилось, примерно, в 3 раза. Это мероприятие известным образом позволило понизить линейную скорость наполнения изложниц с 1200—1800 мм/мин до 400—600 мм/мин и одновременно уменьшить силу удара струи о поддон в два раза. С этой стороны данное мероприятие видимо должно благоприятно отразиться как на качестве металла, так и на сроке службы поддонов и изложниц.

Однако следует заметить, что при введении промежуточного устройства наряду с положительными данными имеются и недостатки, которые заключаются в излишнем окислении металла за счет оголения его поверхности в корыте и большого времени пребывания на воздухе.

Кроме этого необходимо иметь в виду, что при промежуточном устройстве время действия струи на оголенную поверхность поддонов значительно увеличивается, что естественно будет ускорять их разрушение. Поэтому с введением промежуточного устройства значительного увеличения срока службы поддонов вряд ли можно ожидать. Первые опыты данное предположение пока подтверждают, т. к. расход поддонов за этот период вре-

мени в сторону его уменьшения мало изменился.

Теоретическое время опорожнения ковша.

Время опорожнения ковша при разливке стали является одним из основных аргументов, определяющим режим наполнения изложниц, от которого в известной степени зависит не только срок службы поддонов, но и качество слитка.

По времени опорожнения ковша представляется возможность судить о состоянии работы стопорного устройства, раз'едании или замораживании стопорного стаканчика, о температуре разливаемого металла и даже о его вязкости, что позволяет контролировать технологический процесс разливки стали в целом. Поэтому изучение функции опорожнения ковша во времени представляет большой практический интерес.

Теоретическое время опорожнения ковша прежде всего зависит от его емкости, формы и высоты уровня жидкости в нем, а затем от профиля и размеров стопорного стаканчика и вязкости металла, которое можно представить в виде:

$$dQ = \mu \omega v dt$$

$$\text{или: } dQ = \mu \omega \sqrt{2gh} dt \quad (1)$$

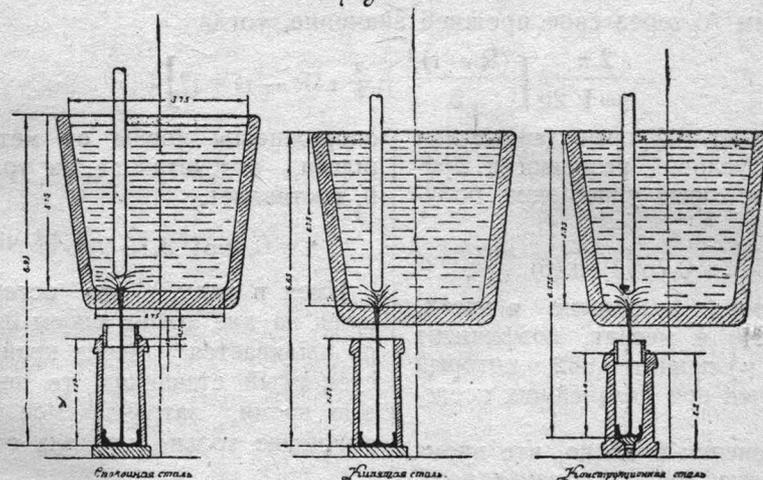
где: μ — коэффициент расхода
 ω — площадь сечения узкого отверстия стопорного стаканчика
 v — скорость истечения металла
 h — уровень металла в ковше.

С другой стороны количество вытекающей жидкости за бесконечно малый промежуток времени выражается через

$$dQ = \pi \rho^2 dh \quad (2)$$

где: ρ — радиус площади сечения на высоте h .

Схема разливки стали.



Фиг. 2. Схема разливки стали на КМЗ.

Приравнивая первое и второе уравнения находим,

$$dt = -\frac{\pi \rho^2}{\mu \omega \sqrt{2gh}} dh \quad (3)$$

Для замены в этом уравнении величины ρ через h , из подобия треугольников ABC , $A'BC'$ и $A''BC''$ имеем.

$$\frac{\rho}{h+x} = \frac{r}{x}; \quad \rho = \frac{rh}{x} + r; \quad \frac{R}{h+x} = \frac{r}{x}; \quad \rho = \frac{h(R-r)}{h} + r$$

Заменяя $\frac{R-r}{h} = A$ тогда

$$\rho^2 = (Ah+r)^2 = A^2h^2 + 2Ahr + r^2$$

Подставляя выражение для ρ^2 в уравнение 3, получаем окончательное дифференциальное уравнение удобное для интегрирования.

$$dt = -\frac{\pi}{\mu \omega \sqrt{2gh}} (A^2h^2 + 2Ahr + r^2) dh \quad (4)$$

Из уравнения 4 находим.

$$\begin{aligned} t &= \int_0^t dt = -\frac{\pi}{\mu \omega \sqrt{2g}} \left[A^2 \int_h^0 h^2 \frac{dh}{\sqrt{h}} + 2Ar \int_h^0 h \frac{dh}{\sqrt{h}} + r^2 \int_h^0 \frac{dh}{\sqrt{h}} \right] = \\ &= -\frac{\pi}{\mu \omega \sqrt{2g}} \left[A^2 \int_h^0 h^{\frac{3}{2}} dh + 2Ar \int_h^0 h^{\frac{1}{2}} dh + r^2 \int_h^0 h^{-\frac{1}{2}} dh \right] = \\ &= \frac{\pi}{\mu \omega \sqrt{2g}} \left(\frac{2}{5} A^2 H^{\frac{5}{2}} + \frac{4}{3} Ar H^{\frac{3}{2}} + 2r^2 H^{\frac{1}{2}} \right) \end{aligned}$$

Заменим A через свое прежнее значение, тогда

$$t = \frac{2\pi}{\mu \omega \sqrt{2g}} \left[\frac{(R-r)^2}{5} + \frac{2}{3} r(R-r) + r^2 \right] \sqrt{H} \quad (5)$$

Подставляя цифровые данные для принятых условий разливки и производя некоторые упрощения, получаем:

$$t = 0,765 \sqrt{H} \quad (6)$$

где время (t) выражено в часах, высота (H) в метрах, коэффициент расхода (μ) принят 0,982, который был получен при дальнейших исследованиях.

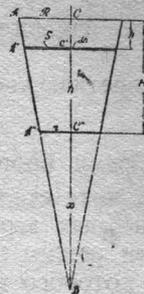
Из уравнения 6 видно, что время опорожнения ковша является параболической функцией уровня жидкости в нем. Теоретическое время

опорожнения ковша от металла и шлака, подсчитанное из уравнения 6, составляет:

$$t = 0,765 \sqrt{3,75} = 1,46 \text{ часа}$$

Имея в виду, что остающийся шлак на дне ковша слоем 0,62 метра выливается через край, минуя стопорный стаканчик, то необходимое время, затрачиваемое на опорожнение только металла составит:

$$\begin{aligned} t &= 0,765 (\sqrt{H_{ж}} - \sqrt{H_{ш}}) = \\ &= 0,765 (\sqrt{3,75} - \sqrt{0,62}) = 0,81 \text{ часа} \end{aligned}$$



Фиг. 3

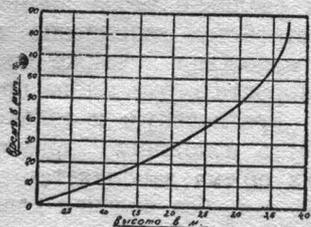
Исходя из данного расчета металл находящийся в ковше в количестве 192 тонны должен разливаться в течение 0,82 часа или 49,2 минуты, не учитывая при этом времени затрачиваемого на перекрытие стопора, проезды крана и простои.

Принимаем для удобства отсчет высоты (Н) от верхнего основания ковша и соответственно этому отсчет времени, тогда теоретическое время опорожнения ковша в зависимости от данной высоты представится уравнением:

$$t = 1,46 - 0,765 \sqrt{375 - h} \quad (7)$$

Графическое изображение данного уравнения представлено на фиг. 4. Откуда видно, что уровень жидкости в ковше в начале разлива изменяется быстро, а затем к концу разлива падает медленно. Это указывает, что опорожнение металла совершается по более крутому участку кривой, и более пологий участок падает на нижнюю часть ковша, где располагается шлак.

Если допустить опорожнение ковша от шлака в количестве 3,7 м³ через стопорный стаканчик, то согласно кривой (фиг. 4) на это потре-



Фиг. 4. Кривая изменения уровня металлы в ковше во времени.

бовалось бы 0,67 часа, т. е. немногим меньше чем для металла.

Объем остающейся жидкости в ковше, как уже выше указывалось, определяется уравнением:

$$V = 0,019H^3 + 0,57H^2 + 5,9H$$

Решая это уравнение совместно с уравнением 6 и исключая при этом высоту (Н) получим новое уравнение 8, которым устанавливается непосредственная связь между объемом остающийся жидкости в ковше и временем потребным для ее опорожнения.

$$V = 0,0042t^6 + 1,65t^4 + 10,12t^2 \quad (8)$$

Интересующий нас объем вытекающего металла в разные промежутки времени естественно будет являться разностью между полным объемом ковша и остающийся в нем жидкостью, который выразится в виде следующего уравнения:

$$V = 31,5 - [0,0042(1,46 - t)^6 + 1,65(1,46 - t)^4 + 10,12(1,46 - t)^2] \quad (9)$$

Подсчитанное таким образом количество вытекающего металла в отдельные промежутки времени дало возможность построить теоретическую кривую, которой наглядно представляет режим опорожнения ковша во времени (см. фиг. 11).

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ИСТЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛА.

При разливке стали на стойкость поддонов, а также и на качество слитка имеет значение скорость истечения струи и секундный расход металла, т. к. в прямой зависимости от их величины находится сила удара струи и линейная скорость наполнения изложниц.

Согласно закона Торричелли теоретическая скорость истечения струи через насадок определяется формулой:

$$V = \eta \sqrt{2gh} \quad (10)$$

где:

V — скорость истечения струи в м/сек.
g — ускорение силы тяжести в м/сек.²
h — высота уровня жидкости в ковше в м.
 η — коэффициент скорости.

Из данного уравнения, наибольшая скорость истечения струи отвечает максимальной высоте уровня. Для нашего случая, при высоте уровня жидкости в ковше 3,75 м и высоте стопорного стаканчика 0,35 м максимальная теоретическая скорость истечения металла будет:

$$V_{\max} = \sqrt{2g \cdot 4,1} = 9 \text{ м/сек.} \quad (11)$$

и минимальная при $H=0,35+0,62=0,97 \text{ м}$.

$$V_{\min} = \sqrt{2g \cdot 0,97} = 4,25 \text{ м/сек.} \quad (12)$$

При таком режиме наполнения изложниц первые поддоны на составе естественно будут испытывать гораздо больший удар нежели последние. Кроме этого в связи с разной скоростью наполнения изложниц качество отливаемых слитков на одном и том же составе безусловно будет неодинаковое.

Характер изменения теоретической скорости истечения струи в зависимости от уровня жидкости в ковше представлен в виде кривой на фиг. 5.



Фиг. 5. Кривая теоретической скорости истечения струи металла.

Из кривой фиг. 5 видно, что почти весь металл разливается при ско-

рости, превышающей критическую.

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{2P_0}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10333 \cdot 9,81}{6900}} = 5,4 \text{ м/сек.} \quad (13)$$

выше которой развиваются кавитационные явления с нарушением сплошности струи.

Согласно данной кривой скорость 5,4 м/сек соответствует высоте уровня жидкости в ковше равной 1,1 м, из которых на металл приходится $1,1 - (0,62 + 0,35) = 0,23 \text{ м}$, а остальная часть падает на шлак. Этим объясняется весьма гладкая, плотная струя металла, вытекающая в конце разливки. Период времени такого истечения очень непродолжителен, всего около 3 минут, по количеству металла можно отлить максимум 2 слитка.

Все поддоны (за исключением последних 2-х) под действием кавитационных сил должны испытывать большие местные давления, благоприятствующие быстрому их износу. Кроме этого при кавитационных явлениях в струе безусловно усиливается ею инжекция воздуха, что ведет к обогащению стали газами.

При разливке через промежуточное устройство заполнение нижней части изложниц также протекает при скорости струи много превышающей критическую и только верхняя часть изложниц, примерно, на 20% их объема заполняется плотной струей, т. е. без явления кавитации.

Теоретический расход вытекающей жидкости через насадку, как известно, определяется формулой:

$$Q_t = \mu \omega V_t = \mu \omega \sqrt{2gh} \quad (14)$$

где t — секундный расход жидкости в м³/сек.

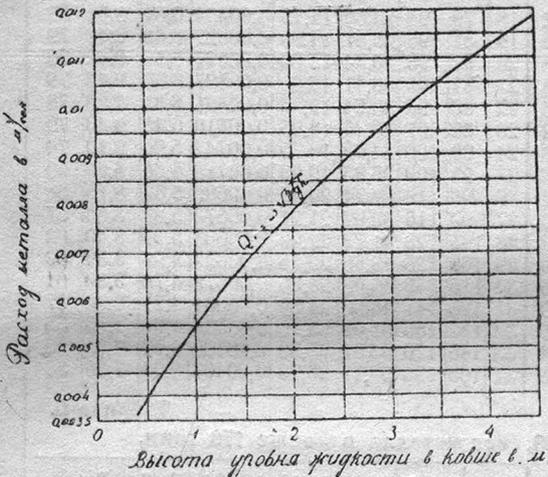
ω — площадь сечения отверстия в м²

V_t — теоретическая скорость истечения струи в м/сек.

μ — коэффициент расхода.

При заданной площади сечения стопорного стаканчика $\omega = 0,00126$ м² и при $\mu = 1$ приведенная формула для секундного расхода будет отличаться от предыдущей (фиг. 5) только постоянным множителем.

Поэтому характер кривой для секундного расхода (фиг. 6) остается одинаковым с кривой для скорости истечения струи.



Фиг. 6. Кривая теоретического расхода металла в м³/сек. в зависимости от высоты уровня в ковше.

При наполнении изложниц секунднй расход металла оказывает известное влияние на стойкость поддонов, с уменьшением которого раз'едание и привар их к слиткам значительно возрастают. Так, например, наблюдались случаи, когда при разливке холодной стали с подмороживанием стопорного стаканчика приваривалось от 10 до 15 слитков на составе. Последнее обстоятельство объясняется именно тем, что при наполнении тонкой струей (малом секундном расходе) время ее действия на оголенную поверхность поддона значительно увеличивается тем самым степень ее разрушения усиливается. С этой точки зрения пер-

вые поддоны, как заливаемые с наибольшим секундным расходом, должны находиться в менее тяжелых условиях нежели последние.

Теоретическую силу удара струи можно определить из уравнения количества движения жидкости, заменяя

$$P_t = mv \dots \dots \dots (15)$$

заменяя

$$m = \frac{\gamma Q}{g} = \frac{\gamma \omega v}{g} \dots \dots \dots (16)$$

тогда

$$P_t = \frac{\gamma \omega v^2}{g} = 2 \frac{v^2}{2g} \gamma \omega \dots \dots \dots (17)$$

или

$$P_t = 2H\gamma\omega \dots \dots \dots (18)$$

Из уравнения 17 и 18 видно, что сила удара струи (P_t) является параболической функцией скорости ее падения и линейной от высоты уровня жидкости в ковше до плоскости удара.

Принимаем высоту от поверхности поддона до уровня металла в ковше в среднем 7 метров, тогда теоретическая сила удара, которую испытывают поддоны, получается:

$$P_t = 2 \cdot 7 \cdot 6900 \cdot 0,00126 = 121 \text{ кг}$$

Столь значительная величина удара струи естественно вызывает собой весьма интенсивное развитие эрозии. Благодаря этому, как выше уже отмечалось, поддоны быстро размываются и преждевременно выходят из строя. В связи с тем, что давление по сечению струи распределяется по сложной кривой с расположением максимума в центре, разрушающее ее действие еще более усиливается.

Эродирующему действию струи подвергаются также и изложницы, но значительно в меньшей степени.

Опытные данные по режиму разливки стали на КМЗ.

Для проверки теоретических положений и сравнения их с практи-

Таблица 5.

Режим наполнения изложниц и опорожнения ковша, конструкционная сталь, плавка № 393, вес металла в ковше 184 тонны.

Порядковые №№ изложниц на составе	Время на-полнения одной из-ложницы в секун-д.		Время опорож-нения ковша в м ³ мин.		Секунд-ный расход металла по отде-льным изложницам м ³ /сек.	Скорость истечения струи м-ла в м/сек.	Скорость падения струи металла в м/сек.	Сила удара струи в кг	Порядковые №№ изложниц на составе	Время на-полнения одной из-ложницы в секун-д.		Время опорож-нения ковша в м ³ мин.		Секунд-ный расход металла по отде-льным изложницам м ³ /сек.	Скорость истечения струи м-ла в м/сек.	Скорость падения струи металла в м/сек.	Сила удара струи в кг
	Без уте-плителя	С уте-плителем	Минуты	м ³						Минуты	м ³						
1	60	70,6	1,12	0,786	0,0114	8,84	11,4	112	18	79	94	23,80	14,15	0,00834	6,61	9,60	82
2	60	70,6	2,24	1,570	0,0114	8,84	11,4	112	19	81	95	25,37	14,90	0,00827	6,56	9,42	79
3	61	72	3,42	2,355	0,01090	8,65	11,0	108	20	81	95	26,84	15,70	0,00827	6,56	9,42	79
4	63	74	4,65	3,14	0,01058	8,4	10,8	105	21	81	95	28,41	16,50	0,00827	6,56	9,42	79
5	63	74	5,88	3,93	0,01058	8,40	10,8	105	22	83	98	30,64	17,5	0,00801	6,35	9,28	76
6	64	75	7,13	4,70	0,01048	8,33	10,7	102	23	82	97	33,26	18,05	0,00810	6,43	9,40	79
7	65	76	8,39	5,50	0,01034	8,21	10,5	98	24	90	106	34,03	18,75	0,00742	5,90	9,10	74
8	66	78	9,69	6,28	0,01007	7,95	10,4	96	25	93	109	35,85	19,65	0,00715	5,66	8,80	69
9	67	80	11,02	7,07	0,00982	7,80	10,35	96	26	96	113	37,74	20,40	0,00696	5,52	8,75	68
10	69	82	12,39	7,86	0,00960	7,61	10,20	93	27	99	116	39,67	21,21	0,00672	5,33	8,65	67
11	69	82	13,76	8,65	0,00960	7,61	10,20	93	28	105	123	41,72	22,00	0,00633	5,32	8,40	63
12	71	85	15,17	9,43	0,00924	7,35	10,00	89	29	106	125	43,86	22,75	0,00629	4,99	8,39	63
13	71	85	16,58	10,20	0,00924	7,35	10,00	89	30	115	135	46,05	23,55	0,00578	4,78	8,30	61
14	72	86	13,01	11,00	0,00914	7,26	9,98	89	31	125	147	48,50	24,30	0,00531	4,21	8,00	57
15	72	86	19,44	11,77	0,00914	7,26	9,93	89	32	132	155	51,08	25,10	0,00503	4,00	7,86	55
16	75	90	20,94	12,57	0,00873	6,94	9,74	84	33	145	170	53,92	25,80	0,00460	3,72	7,75	53
17	67	80	22,24	13,25	0,00982	6,80	10,35	86	34	165	194	57,16	26,70	0,00403	3,20	7,55	51

Таблица 6.

Рельсовая сталь, плавка № 9038, вес металла в ковше 176 тонн.

1	90	103	1,72	1,143	0,0111	8,81	11,4	116,3	12	106	121	21,02	13,73	0,0094	7,16	10,3	95
2	90	103	3,44	2,286	0,0111	8,81	11,4	116,3	13	109	125	23,10	14,85	0,0091	7,22	10,2	93
3	91	104	5,17	3,43	0,0110	8,73	11,3	116,0	14	111	127	25,22	16,00	0,0090	7,14	10,1	92
4	91	104	6,90	4,58	0,0110	8,73	11,3	116,0	15	113	129	27,37	17,14	0,0088	6,98	10,0	90
5	93	106	8,67	5,72	0,0108	8,57	11,2	113,0	16	115	131	29,55	18,30	0,0087	6,94	10,0	90
6	94	107	9,45	6,87	0,0107	8,49	11,2	112,0	17	123	141	31,90	19,15	0,0081	6,43	9,7	84
7	96	110	11,28	7,01	0,0104	8,25	11,0	107,0	18	132	151	34,42	20,55	0,0076	6,03	9,4	80
8	99	113	13,16	9,16	0,0102	8,10	10,8	106,0	19	138	158	37,07	21,65	0,0072	5,71	9,2	77
9	101	115	15,08	10,28	0,0099	7,86	10,7	102,0	20	159	182	40,11	22,85	0,0063	5,00	8,8	70
10	102	117	17,03	10,43	0,0098	7,79	10,6	101,0	21	165	189	43,25	24,00	0,0060	4,76	8,7	68
11	103	118	19,00	12,57	0,0097	7,70	10,5	98,0	22	181	207	46,71	25,15	0,0055	4,37	8,5	64,5

Таблица 7.

Кипящая сталь, плавка № 683, вес металла в ковше 164 тонны.

1	95		1,58	0,995	0,0105	8,33	10,8	108	13	116		22,20	12,93	0,00858	6,62	9,7	84
2	95		3,17	1,990	0,0105	8,33	10,8	105	14	120		24,40	13,92	0,00829	6,58	9,5	81
3	95		4,75	2,98	0,0105	8,33	10,8	105	15	121		26,40	14,91	0,00822	6,52	9,5	80
4	96		6,35	3,98	0,0104	8,25	10,7	100	16	127		28,50	15,90	0,00783	6,21	9,3	76
5	99		8,00	4,97	0,0101	8,02	10,6	98	17	132		31,70	16,90	0,00754	5,98	9,1	74
6	100		9,68	5,97	0,00995	7,89	10,5	98	18	138		33,00	17,90	0,00721	5,72	9,0	72
7	102		11,30	6,96	0,00975	7,74	10,4	97	19	141		35,40	18,90	0,00706	5,60	8,9	70
8	105		13,10	7,95	0,00948	7,52	10,2	93	20	145		37,80	19,85	0,00686	5,44	8,8	68
9	107		14,30	8,95	0,00929	7,45	10,1	90	21	152		40,30	20,90	0,00654	5,19	8,6	66
10	108		17,00	9,95	0,00921	7,31	10,0	89	22	158		43,00	21,90	0,00629	4,99	8,5	64
11	110		18,55	10,95	0,0090	7,17	9,9	87	23	162		45,70	22,85	0,00614	4,87	8,4	63
12	114		21,10	11,94	0,00872	7,00	9,8	86	24	173		48,60	23,84	0,00575	4,56	8,2	61

ческими данными был проведен ряд наблюдений за режимом опорожнения ковша и наполнением изложниц. С этой целью при разливке кипящей рельсовой и конструкционной сталей был установлен хронометраж за временем наполнения каждой изложницы на составе. Время полного опорожнения ковша определялось суммой фактического времени пошедшего на заполнение всех изложниц. Время, затрачиваемое на перекрытие стопорного стаканчика, переезды крана и другие потери, подсчитывалось по разности между временем, израсходованным на разливку, и фактическим временем, пошедшим на опорожнение ковша. За-



Фиг. 7. Козелок и настель стопорного стаканчика.

тем по объему изложниц подсчитывалось количество металла, вытекающего за отдельные промежутки времени.

При обработке материала были подобраны такие плавки, разливка которых протекала при нормальных условиях, т. е. без перерыва струи, замораживания и раз'едания стопорного стаканчика и других сопровождающих дефектов. После разливки на тех же плавках для кипящей и конструкционной сталей удалось проверить профиль и размеры отверстия стопорного стаканчика путем обмера козелков и настелей (воронок), случайно образовавшихся в конце разливки (фиг. 7).

В результате было установлено, что форма и сечение стопорного стаканчика практически не изменяются.

Результаты наблюдений по режиму опорожнения ковша и наполнению изложниц для указанных марок сталей сведены в таблицах 5, 6, 7.

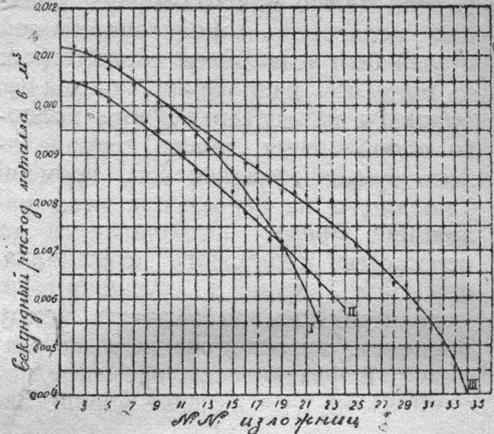
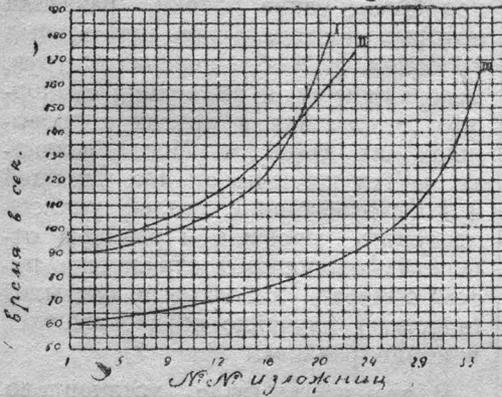
На основании данных таблиц 5, 6, 7, были построены соответствующие кривые, помещенные на фиг. 8, 9, 10 и 11.

На фигуре 8 приведены кривые времени наполнения изложниц и секундного расхода металла для рельсовой (кривая I), кипящей (кривая II) и конструкционной (кривая III) сталей.

Из кривых видно, что с повышением порядкового номера изложниц на составе, время их наполнения увеличивается, а секунднй расход соответственно уменьшается. Данная закономерность в режиме наполнения изложниц вполне подчиняется законам гидравлики и хорошо удовлетворяет известному уравнению для расхода жидкости через насадки.

Разница в расположении кривых для отдельных марок сталей объясняется в основном неодинаковым объемом изложниц и разным коли-

самой причине кривая I для кипящей стали вначале располагается ниже кривой II для рельсовой стали,

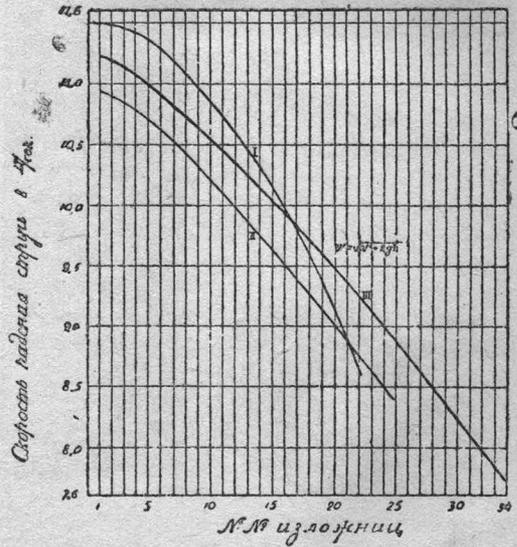
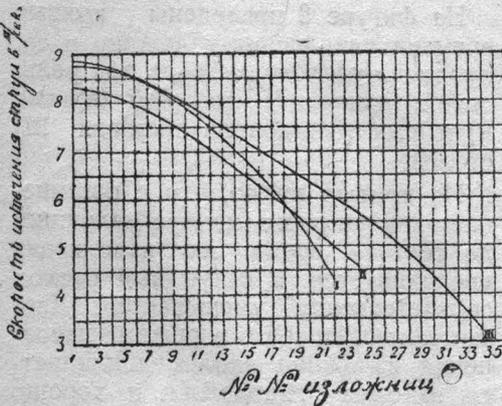


Фиг. 8 и 9. Кривые времени и расхода металла в зависимости от порядкового номера их расположения на разливочном составе.

чеством металла находящегося в ковше перед его разливкой. Разливка конструкционной стали производилась в изложницу меньшего объема (0,67 м³) и с большим количеством металла в ковше (184 тонны), поэтому ее кривая времени естественно располагается несколько ниже по отношению кривых для других марок сталей. По этой же

а затем (вследствие малого количества изложниц на составе) ее пересекает.

При условии равного объема изложниц и одинакового количества



Фиг. 10 и 11. Кривые скорости истечения и скорости падения струи металла для кипящей — 1, рельсовой — 2 и конструкционной сталей — 3, при наполнении изложниц на составе по порядку.

металла и шлака в ковше и отсутствия подмораживания или раз'едания стопорного стаканчика, кривые времени и секундного расхода для указанных марок сталей должны располагаться очень близко друг к другу и не должно быть никаких пересечений между ними, имея при этом в виду постоянный температурный режим разливки.

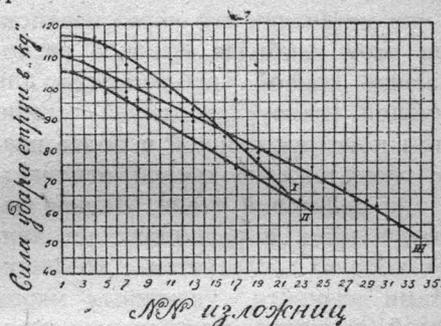
На фиг. 10 и 11 представлены кривые, характеризующие собой скорость истечения и скорость падения струи для тех же марок сталей.

Из данных кривых видно, что максимальная скорость струи, как и следовало ожидать, наблюдается в начале разливки, а затем, по мере наполнения изложниц, постепенно падает, что полностью согласуется с предыдущими кривыми (фиг. 5). Обращает на себя особое внимание величина скорости падения струи, которая достигает значительных размеров 11,6 м/сек. В результате этого, при падении струи на поддон развиваются большие удары, сила которых превышает временное сопротивление чугуна. Поэтому поддоны, устанавливаемые без стальных подкладок, на первой же плавке размываются на большую глубину и при повторных плавках пробиваются насквозь. Кроме этого слишком высокая скорость струи, как выше уже отмечалось, порождает собой кавитационные явления, что неблагоприятно отражается не только на сроке службы поддонов и качестве слитка, но также оказывает известное влияние на стойкость стопорного стаканчика и его пробку.

В экспериментальных кривых (фиг. 10 и 11) так же, как из теоретической кривой (фиг. 5), усматривается, что разливка стали на КМЗ производится со скоростью струи, далеко превышающей критическую — 5,4 м/сек.

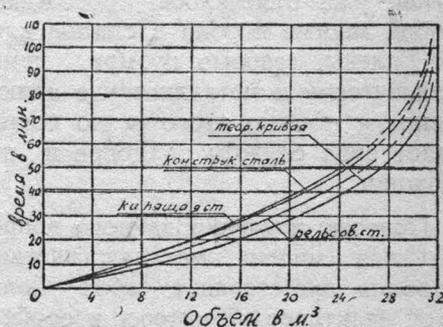
Согласно данным таблиц 5, 6, 7 сила удара струи, которую испытывают поддоны при наполнении изложниц, колеблется в широких пределах. Так, например, в начале разливки для отдельных марок сталей она составляет от 105 до 116 кг и в конце от 51 до 64 кг.

Графическое изображение силы удара струи в зависимости от порядкового номера заливки изложниц на составе представлено на фиг. 12.



Фиг. 12. Кривые силы удара струи металла при наполнении изложниц в зависимости от порядкового номера их на составе.

На фиг. 13 приведены кривые действительного времени опорожнения ковша для кипящей, рельсовой и конструкционной сталей. Для сравнения приводится также теоретическая кривая.



Фиг. 13. Кривые действительного и теоретического времени опорожнения ковша для разных марок сталей.

Из общего рассмотрения графика (фиг. 13) видно, что действительные кривые на всем своем протяжении подчиняются определенному закону и по своему характеру мало отличаются от теоретической кривой. На графике действительные кривые, как и следовало ожидать, располагаются несколько выше теоретической кривой, что указывает на естественные потери скорости струи и секундного расхода металла при истечении его через насадок. При этом наиболее высокое расположение кривой наблюдается для кипящей (малоуглеродистой) стали, затем конструкционной и более низкое расположение кривой отмечается для рельсовой стали. Данная закономерность в расположении кривых хорошо согласуется с коэффициентами вязкости указанных марок сталей, величина которых, как известно, находится в обратной зависимости от содержания углерода в них.

Механизм всплывания стальных подкладок.

Всплывание стальных подкладок во время наполнения изложниц, как выше уже отмечалось, порождает собой многие пороки в слитке, как-то: плены, газовые пузыри, неметаллические и металлические включения и помимо этого резко сокращает срок службы поддонов и изложниц.

Поэтому изучение данного вопроса для многих металлургических заводов представляет собой большой практический интерес и особенно для заводов, которые производят разливку стали в слитки крупного развеса, где стальные под-

кладки являются основным средством защиты поддонов против преждевременного износа. Недооценка этого вопроса, как правило, ведет к большому количеству брака слитков по вышеуказанным дефектам. Например, на КМЗ брак рельсового металла по одним только железным включениям ежегодно доходит до 3—5%, на чем завод терпит колоссальные убытки и, кроме этого, недодает стране значительное количество стали.

Практикой работы КМЗ вполне установлено, что в некоторых случаях стальные подкладки в период наполнения изложниц всплывают на значительную высоту и по отвердевании металла остаются в слитке.

В литературе этот вопрос освещен недостаточно. Существуют различные предположения о причинах всплывания подкладок, но нет определенных объяснений механизма этого всплывания.

Из анализа гидравлического процесса разливки стали вытекает, что основной причиной всплывания стальных подкладок является ферростатическое давление, возникающее вследствие перепада уровней между движущимся жидким металлом на подкладке и у стенок изложницы достигает до 300 — 400 мм. Указанный перепад уровней был установлен путем кратковременной дачи струи металла в изложницу, в результате на дне ее получили отвердевание воронки с глубиной кратера 300 — 400 мм и даже выше. Однако следует заметить, что в действительности перепад уровней будет значительно выше, чем глубина крате-

ра, так как жидкий металл, в период его затвердевания под действием силы тяжести, безусловно опускается на какую то высоту, величина которой нами здесь не учитывается.

Суммируя существующие теоретические данные и материал наблюдений, видим, что всплывание стальных подкладок может возникнуть лишь в том случае, если ферростатическое давление по своей величине превышает все те силы, которые противодействуют этому процессу. К силам, противодействующим всплыванию подкладок, будут относиться, во-первых, вес самой подкладки в жидкой стали и, во-вторых, сила давления струи. В результате, подъемную силу для всплывающей подкладки можно выразить в виде следующего уравнения:

$$\text{или } R = P - g - p \quad (19)$$

$$R = (h_1 - h_2) F \gamma_{ж} - (\gamma_{т} - \gamma_{ж}) v - p \quad (20)$$

где: P — подъемная сила всплывающей подкладки

R — ферростатическое давление

g — вес подкладки в жидком металле

p — сила давления струи на подкладку

h_1 — высота уровня металла у стенок изложниц

h_2 — высота уровня металла над подкладкой

F — площадь подкладки

$\gamma_{т}$ и $\gamma_{ж}$ — удельный вес твердого и жидкого металла

v — объем подкладки

Давление падающей струи на подкладку при разливке разных марок сталей, как уже указывалось, колеблется от 51 до 116 кг. Вес подкладки в жидкой стали, подсчитанный согласно принятых ее размеров, составляет всего 0,36 кг.

Ввиду того, что вес принятой подкладки в жидкой стали получается весьма незначительным, которым вполне можно пренебречь, подъемная сила может быть представлена разницей между ферростатическим давлением и давлением падающей струи, то-есть:

$$R = P - p$$

или

$$R = (h_1 - h_2) F \gamma_{ж} - p$$

Приравнивая $R = 0$ и подставляя числовые значения в уравнение, находим предельный перепад уровней, выше которого подкладки должны всплывать.

$$1. \quad h_1 - h_2 = \frac{116}{0,36 \cdot 6900} = 0,05 \text{ м,}$$

$$2. \quad h_1 - h_2 = \frac{51}{0,36 \cdot 6900} = 0,02 \text{ м.}$$

Итак, для того, чтобы всплывали подкладки, необходимо иметь очень небольшой перепад уровней, всего 20 — 50 мм, в то время, как в практике он достигает выше, чем 300—400 мм.

Отсюда можно сделать вывод, что всплывание подкладок при существующих условиях разливки стали на КМЗ является неизбежным фактом. При этом следует иметь ввиду, что всплывание подкладок может происходить лишь в том случае, если осуществляется подток жидкости под подкладки; последнее в практике не всегда имеет место.

При отсутствии подтока площадь поверхности подкладки, омываемая металлом, естественно будет равняться нулю, тогда и подъемная сила тоже будет равна нулю. Это указывает, что всплывание подкладок в этом случае невозможно.

В производственных условиях КМЗ такое явление можно наблюдать при работе на новых поддонах, когда они еще не имеют прогаров и выбоин, когда подкладки плотно прилегают к их поверхности.

Применяя перепад уровней $h_1 - h_2 = 300$ мм из того же уравнения находим минимальную площадь подтока, какую необходимо иметь для того, чтобы могла всплывать подкладка.

$$1. F_1 = \frac{116}{0,3 \cdot 6900} = 0,05 \text{ м}^2$$

$$2. F_2 = \frac{51}{0,3 \cdot 6900} = 0,022 \text{ м}^2$$

При квадратном сечении, полученная площадь соответственно составит 220 x 220 мм и 148 x 148 мм, вместо возможной 600 x 600 мм.

Столь незначительная площадь подтока, которая необходима для всплывания подкладок, говорит о том, насколько тщательно требуется производить укладку подкладок и что нельзя при этом допускать к работе поддоны с большим выгоном.

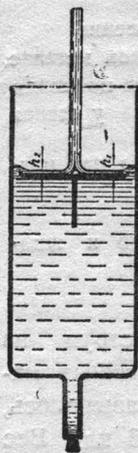
Всплыванию стальных подкладок в значительной степени способствует также эксцентричное расположение струи, когда она падает на поддон между краем подкладки и стенкой изложницы. В этом случае подкладки, под действием восходящих потоков металла, могут подниматься на значительную высоту. Такое же самое явление можно наблюдать и при разливке стали с центральным расположением струи, но когда она падает на поддон, минует подкладку. Это положение мо-

жет иметь место при употреблении подкладок небольших по площади и при эксцентричной укладке их на поддоне.

Поэтому для предупреждения всплывания подкладок желательно применять их по возможности большего сечения, близкого к сечению изложниц в свету.

Всплыванию подкладок в известной мере может способствовать также и воздух, инжектируемый струей металла, и воздух, остающийся в раз'еденных местах поддона, который под действием высокой температуры, увеличиваясь в своем объеме, оказывает значительное давление на подкладку.

Для проверки механизма всплывания подкладок были проведены лабораторные опыты с водой и металлическими круглыми пластинками диаметром 50 мм, толщиной 0,5 мм. Металлические пластинки помещались в стеклянный цилиндр диаметром 60 мм и высотой 145 мм, которые были подвергнуты давлению струи воды из трубопровода через кран с разным давлением.



Фиг. 14. Общий вид цилиндра с всплывающей металлической пластинкой на фиг. 14.

При слабом давлении струи металлические пластинки в цилиндре не поднимались и, как правило, оставались в начальном положении. С повышением давления металлические пластинки как бы прилипали к струе и поднимались до уровня цилиндра. Общий вид цилиндра с металлической пластинкой представлен на фиг. 14.

Характеристика гидравлических качеств стопорного стаканчика КМЗ

Для оценки гидравлических качеств стопорного стаканчика КМЗ был произведен гидравлический расчет. При ведении гидравлического расчета были приняты существующие условия разливки стали на

КМЗ и наблюдаемые данные по режиму наполнения изложниц рельсовой, кипящей и конструкционной сталью. Ввиду того, что секундный расход металла при наполнении изложниц указанными марками сталей практически одинаков расчет приводится только для одной марки стали.

Условия, принятые для расчета.

1. Высота уровня жидкости в ковше $H = 3,75$ м
2. Высота стопорного стаканчика $h = 0,35$ м
3. Площадь сечения узкого отверстия стопорного стаканчика $\omega = 0,00126$ м²
4. Объем открытых изложниц с утеплителем $\Omega = 1,143$ м³
5. Время наполнения первой изложницы с утеплителем $Z_{\partial} = 103$ сек.

Расчетные данные

1. Действительный секундный расход металла.

$$Q_{\partial} = \frac{\Omega}{Z_{\partial}} = \frac{1,143}{103} = 0,0111 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

2. Действительная скорость истечения струи

$$V_{\partial} = \frac{Q_{\partial}}{Z_{\partial}} = \frac{1,143}{0,00126} = 8,81 \text{ м/сек.}$$

3. Теоретическая скорость истечения струи

$$V_t = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 4,1} = 8,97 \text{ м/сек.}$$

4. Теоретический секундный расход металла.

$$Q_t = \omega V_t = 0,00126 \cdot 8,97 = 0,0113 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

5. Коэффициент расхода.

$$\mu = \frac{Q_{\partial}}{Q_t} = \frac{0,0111}{0,0113} = 0,982$$

6. Коэффициент скорости

$$\varphi = \frac{V_{\partial}}{V_t} = \frac{8,81}{8,97} = 0,982$$

7. Коэффициент сжатия струи.

$$E = \frac{\mu}{\varphi} = \frac{0,982}{0,982} = 1$$

8. Коэффициент сопротивления.

$$\xi = \frac{1}{\varphi^2} - 1 = \frac{1}{0,982^2} - 1 = 0,04$$

9. Кинетическая энергия 1 кг жидкого металла вытекающей струи при $H = 1$ м.

$$\frac{V^2}{2g} = \varphi^2 H = 0,982^2 \cdot 1 = 0,982 \text{ кгм/кг.}$$

10. Потерянная энергия 1 кг жидкого металла.

$$\xi \frac{V^2}{2g} = \xi \varphi^2 H = 0,04$$

Для наглядной оценки гидравлических качеств стопорного стаканчика КМЗ в таблице 8 приводится характеристика гидравлических качеств насадок различных систем.

На основании приведенного гидравлического расчета и характеристики насадок других систем представляется возможность сделать следующие выводы:

Во-первых, необходимо отметить, что применяемый стопорный стаканчик на КМЗ по своей форме относится к цилиндрическим насадкам с сходящимся отверстием. Данного типа насадки обладают мощной струей, несущей большую кинетическую энергию при малом секундном расходе. Такого типа насадки применяются для наконечников пожарных брандспойтов, гидромониторов, сопел турбин и т. п.

Во-вторых, полученные гидравлические коэффициенты и другие данные ничем не отличаются от коэффициентов насадок этого типа для воды. Тожество гидравлических коэффициентов стали и воды, позволяет широко использовать богатейший экспериментальный и теоретический материал классической науки — гидравлики, для производства гидравлических расчетов по разливке металла.

В-третьих, следует отметить, что наиболее оптимальными гидравлическими качествами для разливки стали должны обладать насадки с расходящимся отверстием, как обес-

Таблица 8.

Характеристика гидравлических качеств насадок разных систем.

№ п. п.	Вид насадка	E	ε	μ	μ ₁	α	Энергия струи для 1 кг. металла	
							Кинетическая	Потенциальная
1	Насадок винтури	1,0	0,82	0,82	0,82	0,486	0,672	0,328
2	Насадок цилиндрический с округленными углами .	1,0	0,97	0,97	0,97	0,063	0,941	0,059
3	Насадок по форме сжатой струи	1,0	0,97	0,97	0,97	0,063	0,941	0,559
4	Насадок конический сходящийся, 13°24'	0,98	0,963	0,946	0,946	0,08	0,926	0,074
5	Насадок конический расходящийся	1,0	0,45	0,45	—	3,95	0,202	0,798
6	Насадок конический расходящийся по Максимо- венко δ = 807'	1,0	0,244	0,244	0,98	15,8	0,059	0,941
7	Насадок конический расходящийся по Френсису, δ = 5°	1,0	0,149	0,149	2,39	24,0	0,022	0,978
8	Насадок КМЗ	1,0	0,982	0,982	—	0,042	0,960	0,040

На стр. 69, 1-я колонка, 13 и 14-я строки снизу, перепутаны между собой; эти строки следует читать: «будет являться посадка с расходящимся отверстием с углом при вершине конуса» и т. д.

печивающие плавное наполнение изложниц с меньшими гидравлическими ударами и большим секундным расходом металла. Применение конических расходящихся насадков дает возможность получать меньшую кинетическую энергию струи, что весьма важно для работы изложниц и поддонов и для уменьшения приварки их к слиткам. Однако, с металлургической точки зрения, насадки с расходящимся отверстием обладают тем недостатком, что они не обеспечивают гладкой струи и при угле больше 13° , струя не заполняет насадки и вытекает в виде веера или метелки. Поэтому, несмотря на положительные гидравлические данные, применение их в чистом виде не рекомендуется. При известной комбинации насадок, различных систем отыскание оптимального профиля стаканчика, который, одновременно давал бы хорошую струю с небольшой кинетической энергией, надо полагать возможно. Такой насадкой предполагается, будет отверстием с углом при вершине колаться насадка с расходящимся отнуса $\delta = 3-5$ градусов и закругленными краями по циклоиде.

Заключение.

На основании анализа гидравлического процесса разлива стали на КМЗ и литературных данных можно сделать следующие выводы:

1. Слишком большая разница во времени наполнения отдельных изложниц на разливочном составе указывает, что при существующем режиме разлива стали на КМЗ нель-

зя получить слитки одинакового качества.

2. Исследование режима истечения струи металла через стопорный стаканчик показало, что около 75—85% всей стали на КМЗ разливается при скорости превышающей критическую — 5,4 м/сек, выше которой развиваются кавитационные явления с нарушением сплошности струи, в результате чего усиливается инжекция воздуха, и обогащение стали газами и окислами.

3. На основе расчетных данных и заводских материалов, подтвержденных лабораторными опытами, установлено, что большая скорость падения струи вызывает всплывание стальных подкладок, которые по отвердеванию металла остаются в слитке. Кроме того, при большой скорости падения струи возрастает вероятность образования плавающих плен и плавающих капель, которые по отвердевании металла также остаются в слитке.

4. Изучение режима опорожнения ковша во времени показало, что сталь по своим гидравлическим качествам почти не отличается от воды. Последнее позволяет широко использовать теоретические и практические данные классической науки гидравлики для производства гидравлических расчетов по разливу металла.

5. Посредством кривых опорожнения ковша во времени представляется возможность судить о состоянии работы стопорного устройства, раз'едании или подмораживании

стопорного стаканчика о температуре разливаемого металла и даже о его вязкости, что позволяет контролировать технологический процесс разливки стали в целом.

6. Приведенный гидравлический анализ стопорного стаканчика КМЗ с достаточной ясностью говорит о том, что такого типа насадки обычно применяются с целью использования кинетической энергии струи, в чем нет никакой необходимости при

разливке металла. Кроме того большая скорость струи металла вредно отражается на качестве слитка, на стойкости поддонов и изложниц.

7. Дальнейшее изучение гидравлического процесса разливки стали, увязка его с металлургическими процессами, протекающими в ковше, в изложнице и в слитке, надо полагать явится ключом к разрешению многих вопросов, связанных с проблемой качества большого слитка.

К вопросу о подготовке изложниц для разливки стали

Несмотря на исключительную актуальность вопроса о подготовке изложниц, он до сих пор не является решенным окончательно. Необходимо поэтому вернуться к нему еще раз.

Как известно, подготовка изложниц состоит из механической чистки и смазки их тем или иным составом.

Чистка изложниц является чрезвычайно важной операцией, но она при тщательной работе и не менее тщательном контроле может быть достигнута любыми средствами, вплоть до ручной очистки скребками, лопатками, ломками и специальными ершами из стальной проволоки, что практикуется сейчас на заводе, поэтому говорить о ней вряд ли представляет интерес. Условимся, поэтому, считать в дальнейших рассуждениях чистку изложниц удовлетворительной, поскольку она достигается без всяких дополнительных мероприятий. Другое дело — смазка. Она имеет целью сбережение изложниц от быстрого износа и устранение поверхностного брака слитков. Наблюдения показали, что хорошей смазкой достигается получение чистой поверхности слитка, так как к смазанной поверхности меньше пристаёт брызг, достигается облегчение выемки слитков и предохранение внутренней поверхности изложниц от выгорания, устраняется

окисление поверхности и брызг металла при разливке благодаря восстановительной атмосфере, которая создается в изложнице при сгорании смазки.

Но что называть хорошей смазкой? Этот вопрос не решается отвлеченно. Выбор смазки должен быть увязан с маркой стали, величиной слитков, температурой изложниц, скоростью разливки, способом нанесения смазки и т. д. В практике эти условия не соблюдаются, и, в результате, смазка не только не достигает цели, но оказывается иногда прямо вредной. Чтобы решить этот вопрос на производстве, имеется один путь — сделать все эти условия по возможности постоянными.

Хорошей смазкой будет такая, которая нанесена ровным, тонким слоем по всей поверхности изложницы, и которая успевает сгореть в момент соприкосновения подымающегося при разливке металла по стенкам изложницы, создавая газовую прослойку между стенкой и металлом, но не раньше и не позже. Этих условий нельзя выполнить при одной и той же смазке, но при разных температурах и несогласованной с толщиной смазки скорости разливки. Так как было бы нелепо приспособлять скорость разливки к толщине слоя смазки изложницы, то нужно, чтобы этот слой был посто-

янным, для чего следует иметь постоянную температуру смазываемых изложниц при постоянном составе смазки, наносимой одним и тем же способом. Из сказанного вытекает, что любая органическая смазка, нанесенная ровным, плотным, своевременно сгорающим слоем, будет хорошей смазкой, и всякие споры, поэтому, о преимуществах смолы, лаков и т. д. являются беспредметными.

Часто возникают споры об особом значении влаги в смазке, причём, особый вред этой влаги видят в действии водорода воды. Неосновательность таких предположений становится очевидной, если вспомнить, что влага в смазке, измеряющаяся несколькими десятками процента, к тому же испаряющаяся при смазывании горячих изложниц, может дать несколько десятков литров газа, в то время как при сгорании смазки (углеводородов) во время разлива образуются сотни кубометров газа. Дело не в количестве газа, а в том, куда он направляется при заливке металла в изложницу. Рассмотрим несколько случаев. Лак или смола постоянной консистенции, скорость разлива постоянная.

1. Изложница была слишком горячая, смазка выгорела.

2. Изложница была холодной — смазка легла толстым слоем.

3. Изложница хорошо вычищена, не смазана ничем.

4. Изложница хорошо вычищена и смазана ровным, плотным и тонким слоем смазки.

Если температура изложницы при нанесении смазки была слишком высока и смазывание сопровождалось бурным газовыделением и пекообразованием (коксование), то получается шероховатая поверхность, способствующая при разливе зависанию корки металла с последующим обра-

зованием заворотов (если последняя покрывает всю поверхность, касаясь стенок изложницы). Еще заметнее, и следовательно еще вреднее, шероховатость при выгорании смазки.

В случае холодной изложницы при смазке получается толстый, жирный, неравномерный слой. Такой слой сгорает с огромным газовыделением, причём сгорание несколько запаздывает и заканчивается после того, как металл уже поднялся выше уровня догорающей смазки. Образующиеся при этом газы не уходят по стенкам, попадают в металл и образуют подкорковые пузыри. При холодных изложницах и ручной смазке даже в одном слитке получается неравномерная поверхность, соответственно неравномерной толщине слоя смазки на стенках изложницы.

Хорошо очищенная, но не смазанная изложница дает слиток с хорошей ровной поверхностью. Это наблюдение однако ни в коей мере не отвергает необходимости смазки, так как роль последней, кроме предохранения слитка от пороков, заключается еще и в предохранении стенок изложниц от выгорания. Хорошая смазка как раз и достигает эту двойную цель. При ровном и тонком покрытии стенок изложниц получается ровная, гладкая поверхность слитка.

Наибольший вред приносит жирная смазка. Большой неровностью обладают слитки, полученные в изложницах, покрытых толстым слоем смазки. Поверхность этих слитков покрыта углублениями конической или овальной формы разной величины, и чем толще был слой смазки, тем глубже эти впадины. Иногда эти углубления имеют вид неглубоких каналов, которые пересекаются между собою, образуя на поверхно-

сти слитка как бы решетку. Такие углубления объясняются, как уже говорилось, запоздалым догоранием смазки под слоем металла. Образующиеся газы давят на поверхность застывающего металла, делая углубления разной величины (1--3 мм). Эти углубления иногда сливаются в продолговатые каналы. Иногда газы проникают в глубже, и тогда образуются подкорковые пузыри. При прокатке слитков на блюминге эти углубления вытягиваются по длине слитка и на поверхности полученных блюмсов образуются тонкие волоски-трещинки (волосовины). В зависимости от количества и величины углублений на поверхности слитка получается тот или иной вид волосовин. Но обычно они небольшой длины (1—2 см). Соответственно подкорковый пузырь дает при прокатке трещину.

Интересно отметить следующее наблюдение. Два — три года назад, как правило, приходилось отмечать следы жирной смазки на верхней части слитка, которая в середине переходит в нормальную, а низ слитка показывал либо чистую поверхность (при совсем несмазанной, но чистой изложнице) на 150 — 300 мм от низа, либо неравномерную поверхность, на которой чистые участки располагаются рядом с участками, покрытыми углублениями, говорящими о том, что смазка внизу изложницы распределялась отдельными струями, спускаясь самотеком сверху. Низ изложниц в большинстве случаев или не покрывался смазкой совсем, либо плохо покрывался. Объяснялось это тем, что смазчики недокрашивали низа из боязни слишком сильного загрязнения поддона изложницы смазкой, так как это вызывало необходимость поднятия изложниц краном и удаления

смазки с поддонов. В настоящее время более строгий контроль за смазкой привел к другой крайности. Так как признаком хорошей смазки у контролеров ОТК считается отсутствие несмазанных мест в изложнице, то смазчики не боятся жирного покрытия стенок. Избыток смазки стекает по горячим стенкам вниз изложниц, создавая там возможность образования подкорковых пузырей и других поверхностных пороков слитка, что и подтверждается скоплением подкорковых пузырей до высоты одной трети слитка снизу. Если высказанная причина поверхностного брака слитка не подтверждена еще специальными опытами, то она является все-таки очень вероятной.

Переходя от общих положений о смазке к практике стрипперного цеха нашего завода, следует сказать, что в ней имеют место все высказанные ненормальности. Не только температура отдельных составов, но и температура отдельных изложниц, как правило, далеко неравномерна. Орошение изложниц водой при существующем устройстве не только не достигает цели, но является вредным. Вода попадает на изложницу либо сверху на одну сторону, либо сбоку, но также на одну сторону. При уширенных кверху изложницах вода просто стекает с верхней кромки изложницы, не касаясь боковой поверхности. Получается большая разница температур (50 — 80°) между стенками одной изложницы, что, во-первых, ускоряет износ изложниц, во-вторых, создает неравномерный слой смазки.

При пользовании смолой или лаком постоянной консистенции, смазка слишком горячих и слишком холодных изложниц оказывается вред-

ной. В практике работы стрипперного цеха бывают составы с температурой 20 — 50 — 80 и 200 — 250 — 300°. В первом случае получается слишком толстый слой смазки, так как смазчики добросовестно закрашивают всю внутреннюю поверхность изложницы, во втором — смазка выгорает. В одном и другом случае получается та или иная разновидность пороков поверхности слитка. И только в случае, когда температура изложниц соответствует консистенции лака, получается хороший тонкий слой покрытия, но при этом низ изложниц бывает покрыт жирнее, чем верх, во-первых, по причине чрезмерного старания (вред которого не сознают, повидимому, ни ОТК, ни смазчики), во-вторых, в силу стекания части лака вниз изложницы. Пользование лаками трех сортов в зависимости от температуры изложниц, как это имеет место на заводе, не достигает цели уже потому, что температуры определяются на-глаз и изложницы в составе неравномерно нагреты, вносятся лишь больше субъективности в оценку хорошей или плохой смазки.

Таким образом, условия образования поверхностного брака слитков на Кузнецком заводе имеются, вид брака — трещина, плена и пр. также известны. Поверхностный брак за счет разливки тесно связан с качеством смазки изложниц. Так, например, скорость разливки должна быть увязана с возможностью своевременного выгорания смазки при соприкосновении с жидким металлом, а эта последняя зависит при постоянной скорости разливки от толщины слоя смазки, толщина же слоя смазки — от температуры изложниц при постоянном лаке. Опять

пришли к охлаждению изложниц до какой то постоянной температуры, к единственному переменному, с которым в условиях нашего завода труднее всего бороться. Говорить о лаке можно только после того, как будет достигнута относительно постоянная температура охлаждения изложниц. Нужно исключить подогрев самой смазки, применяя лаки, незагустевающие на холоду. Рецепты таких лаков были разработаны два года назад*), проверены, и дали хорошие результаты. Можно использовать лаки, вырабатываемые коксовым цехом нашего завода, изменив их в части температуры застывания и лучшей испаряемости при температурах в 100 и ниже градусов.

Незастывающие на холоду лаки образуют слой на изложнице, толщина которого не зависит от температуры последней, если эта температура не переходит пределов, за которыми начинается быстрое испарение или выгорание смазки. Еще лучшие результаты получаются, когда такой жидкоподвижный лак наносится не помазком, а распыляется с помощью тех или иных распылителей. Имеется несколько проверенных конструкций, зарекомендовавших себя неплохо; в свое время они не привились на заводе в силу того, что распыленный лак еще скорее выгорал на поверхности чрезмерно горячих изложниц, чем густая смола и густые лаки.

Из всего сказанного вытекает, что кардинальное разрешение вопроса требует охлаждения изложниц до какой то постоянной величины (лучше 60 — 80°), применение незастывающего на холоду лака и распыскивание последнего распылителями. Пока не будет разрешен вопрос

*) См. статью автора „О лакировке изложниц“ в „Сборнике научно-технич. статей КМЗ“, № 1, 1939 г., стр. 81.

с охлаждением изложниц, нельзя серьезно говорить о рациональной смазке изложниц, так как неравномерность температуры изложниц сводит нанет всякие мероприятия, разумные сами по себе.

Зима корректирует недостатки охлаждения, следовательно нужно срочно изготовить опрыскиватели и проверить еще раз рецепты лаков для зимних условий. К весне же необходимо построить солидную оросительную установку для охлаждения изложниц, поскольку купание последних в ваннах с водой исключается по техническим причинам. Применение существующих густых смазок (смола, лак) в зимнее время при холодных составах изложниц может послужить причиной еще больших пороков слитка.

Что касается вопроса влияния смазки на образование внутренних трещин (флокенов), то его, очевидно, можно решить чисто опытным путем. Образование флокенов приписывают наличию водорода в металле. При горении, и особенно при догорании смазки под слоем металла, имеются условия для образования водорода, имеется и возможность увлечения водорода струей металла, застревания его в последнем и т. д. Чтобы выявить влияние смазки на образование внутренних трещин, достаточно исследовать слитки, полученные в изложницах, покрытых умеренно толстым слоем смазки и совсем несмазанных. Если окажется, что в последнем случае не будет трещин, значит причиной их образования является неправильная смазка, если разницы между слитками не обнаружится, значит внутренние трещины нужно отнести за счет мартеновской печи. Само собою разумеется, что эти опыты должны быть

не раз повторены и только тогда вынесено окончательное мнение. До тех же пор, пока эти исследования не проведены, нельзя виновником образования внутренних трещин считать ни смазку, ни мартеновскую печь. Может случиться, что при известных условиях оба эти источника повинны в браке, поэтому решение этого вопроса является очередной задачей исследователей-металлургов.

На заводе было разработано несколько рецептов незастывающих зимою лаков. Эти лаки в самое холодное время и при смазывании холодных изложниц остаются жидкоподвижными, хорошо пристают к холодным стенкам, давая ровный, тонкий и плотный слой. Эти рецепты относились к разным температурам изложниц, поэтому различались между собою количеством растворителей и основы (пека). Приводим здесь рецепты проверенных в работе смазок.

Рецепт № 1 (лак № 1)

Пека древесного	30 %
Скипидара	50 %
Керосина	20 %

и № 2

Пека	25—30 %
Скипидара	70—75 %

Растворитель в этих лаках, даже при низкой температуре, хорошо и быстро улетучивается, оставляя тонкий слой пека на стенках изложницы. Отсутствие чрезвычайно едкого запаха нафталина и других соединений делает работу смазчика менее неприятной и вредной. Использование же распылителей при этих лаках ускоряет процесс смазки и увеличивает пропускные возможности стрипперного цеха. Как известно, смола не пристает к холодным стенкам изложниц. Лаки приведенного

состава прекрасно пристают к стенкам, керосин же особенно хорош, как средство для понижения температуры застывания лака. Температура изложниц при таком лаке не должна превышать 80 — 100°. Можно было бы в первом рецепте пек древесный и скипидар заменить соответственно каменноугольным пекком и сольвентнафтой, однако эта замена влечет за собой неприятное выделение паров нафталина и других газов. Кроме того, при такой замене нужно иметь пек, полученный как остаток от разгонки смолы, не выше 280 — 300° (мягкий пек).

Применяемый в настоящее время лак, как и смола или даже хуже смолы, на холодных стенках изложниц будет быстро застывать с образованием толстого, невысыхающего и неравномерного слоя. Применение форсунок для таких смазок также не достигает цели, так как тонкого распыления при густой смазке трудно добиться, с другой стороны, застывающая распыленная смазка не пристаёт или плохо пристаёт к холодным стенкам изложниц.

Само собой разумеется, что при температурах изложниц выше 100°, описанный лак неприменим потому, что он будет слишком бурно испаряться. Температуры выше 100° требуют более густых, застывающих на холоду смазок, и поэтому требующих подогрева при их нанесении на изложницы, а это, в свою очередь, влечет за собою все недостатки смазки, о которых говорилось выше, и еще раз говорит о необходимости применения незастывающих на холоду лаков, за охлаждение изложниц ниже 100° и за распыление смазки.

Есть еще одно преимущество незастывающих на холоду лаков. Если при покраске смолой или применяющимся в настоящее время лаком изложницы должны быть обязательно нагреты, то незастывающим лаком могут быть покрыты как теплые, так и холодные изложницы, а это обстоятельство связано с значительной разгрузкой кранов, лимитирующих работу стрипперного цеха.

Приготовление лака несложно и может быть проведено неквалифицированными рабочими. Порядок операций следующий. Пек, разбитый на мелкие куски, загружается в бак с мешалкой, облицованный кирпичом и обогреваемый паром через змеевик. После того, как пек расплавился, к нему при размешивании медленно приливается скипидар. Размешивание должно быть тщательным, так как для получения однородной смеси требуется значительное время. Нельзя допускать быстрого приливания растворителя, во-первых, потому, что он быстро начинает кипеть и испаряться, во-вторых, может охладить пек до затвердевания и сильно замедлить дальнейшее его растворение. Подогрев же с растворителем по причинам неизбежных потерь от испарения нежелателен. За скипидаром следует приливать керосин. Здесь уже нечего бояться затвердевания пека, так как он поддерживается в жидком состоянии скипидаром. Если для лака берется другая основа — нефтяной пек (битумы № 3, № 5), то в качестве растворителя нужно взять бензин или лигроин в тех же пропорциях, при чем порядок изготовления остается таким же.

Смонтированная в стрипперном цехе установка для изготовления

лаков (рис. 1) представляла собой бак из листового железа (1) емкостью 2 кубометра. В баке помещался паровой змеевик (2) и мешалка (3), приводимая в движение небольшим мотором (4) со скоростью 50 оборотов в минуту.

Рациональным нужно считать заготовку сразу больших партий лака (напр. на месяц—два), это сокращает работу по изготовлению лака каждый день, зато требует большого бака для хранения. Размер этого бака определяется из следующего расчета.

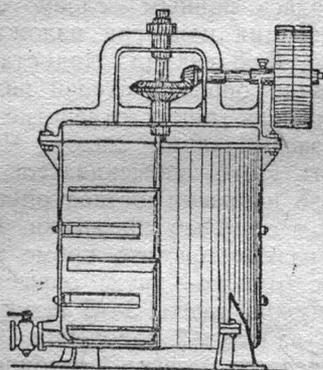


Рис. 1.

Считая в среднем расход лака на один состав изложниц в 30 штук 20 — 30 кг и принимая в среднем прохождение 30 таких составов в сутки, получим суточный расход лака

$$30 \times 30 = 900 = 1.000 \text{ кг.}$$

Для хранения месячного запаса лака необходим бак емкостью в 30 м³ или, примерно, с размерами $\varnothing = 3.500$, высота 3.000 мм., с глухой крышкой, с отверстием для сообщения с атмосферой и заполнения

*) Хорошо снабдить бак змеевиком для подогревания в случае аварийного загустевания лака.

бака и краном внизу для забора лака по мере надобности*). Чтобы изготовленный лак не густел и мог

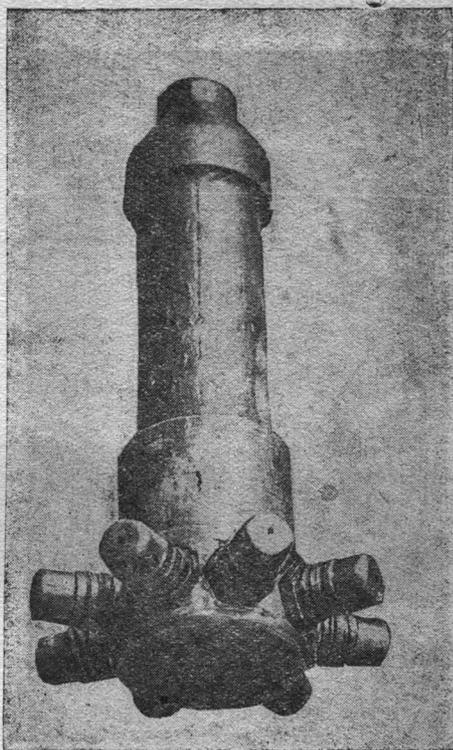


Рис. 2.

быть использован на холоду без подогревания, его нужно хранить в герметическом или, в крайнем случае, хорошо закрытом баке. В случае загустения перед употреблением (можно прямо в ведре) нужно прибавить растворителя до нужной консистенции и тщательно размешать, чтобы получилась равномерная смесь. Чтобы лак был постоянного состава, необходим контроль за его изготовлением, главным образом, контроль за вязкостью лака. Эта вязкость

может периодически проверяться в лаборатории или на месте экспрессным методом.

Свыше тысячи блюмсов, осмотрен-

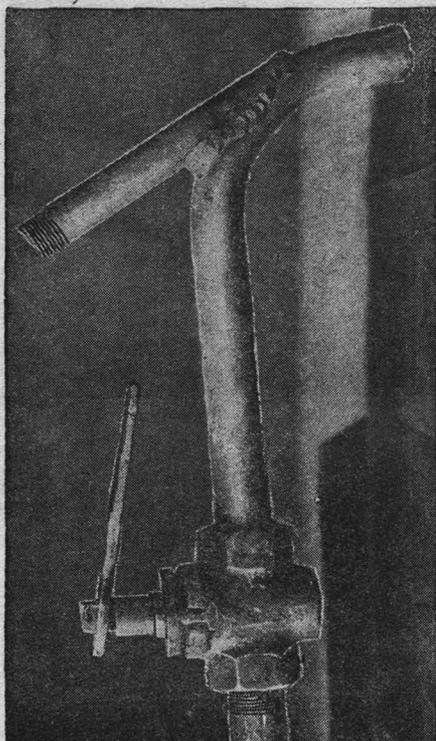


Рис. 3.

ных при разбраковке и вырубке и полученных при смазке лаками и температуре изложниц, не превышающей 100° , показали совершенное отсутствие волосовин и мелких трещин, чего не наблюдалось при смазке смолой изложниц с непостоянной (высокой и низкой) температурой.

Что касается опрыскивателей, то было проверено несколько конструкций их. На рис. 2 изображен опрыскиватель, состоящий из 8 форсунок, распыляющий смазку до пылевидного состояния. Восемь форсунок

взято не случайно. При четырех форсунках углы изложницы не всегда захватывались смазкой. Все восемь форсунок насажены на трубке, соединенной толстостенным шлангом с баком со смазкой. К баку подведен сжатый до 2—3 атмосфер воздух. Подачу смазки можно регулировать краником на трубке. При четырех форсунках они могли вращаться и устанавливаться под любым углом к боковым стенкам изложницы. Для облегчения трубка, питающая форсунки лаком, была алюминиевой. Достаточно было быстрого опускания и поднятия трубки в изложницу, чтобы последняя покрывалась ровным слоем лака. Вся операция покраски изложницы занимала 6—8 секунд. Недостатком этого вида опрыскивателей является забивание тонких отверстий форсунок застывающим лаком. Чтобы избежать этого, опрыскиватель нужно после покраски состава опускать в бензол с целью промывки. Само собою разумеется, что кроме работающих (одного—двух) опрыскивателей нужно иметь 3—5 штук запасных на случай засорения, хотя опрыскиватель легко разбирается без инструментов и может быть прочищен.

В настоящее время предприняты попытки использования опрыскивателей типа пульверизаторов (рис. 3), в которых жидкость распыляется сжатым воздухом. Преимущество таких пульверизаторов перед опрыскивателями с форсунками — в простоте устройства, прочности, отсутствии возможности засорения и т. д. Недостатки — неравномерный слой, более продолжительное время на покраску. Дальнейшая проверка покажет на какой конструкции можно остановиться. Работа опрыскивателей понятна без описания.

Некоторые особенности производства рессорной стали на КМЗ

С 1938 года мартеновские цехи КМЗ начали выплавлять по заказу автотракторной промышленности рессорную кремнистую сталь следующего химсостава $C=0,5-0,6\%$; $Mn=0,6-0,9$; $Si=1,5-2,0$; P не более $0,04$; S не более $0,04$.

Основная техническая трудность изготовления этой стали в мартеновских печах состоит в получении высокого содержания кремния, а именно: $1,5-2,0\%$. Затруднения заключаются в том, что ферросилиций нужно давать в ковш в количестве $9-10$ тонн, а это вызывает опасения в большом охлаждении металла в ковше и равномерности распределения кремния в массе металла.

Сталь изготавливается в мартеновских печах тоннажем $185-195$ тонн, нормально работающих в тепловом отношении. Шихта составляется с таким расчетом, чтобы содержание углерода после расплавления было не ниже $0,85\%$. Содержание марганца во время кипения не должно быть менее $0,20\%$. Длительность кипения после последней присадки руды, до присадки раскислителей должна быть не менее одного часа. Скорость выгорания углерода в первый период, при полировке рудой, в пределах $0,30-0,45\%$ в час, в последний час перед раскислением она должна быть около $0,20\%$. Раскисление металла в печи производится ферромарганцем, даваемым в три завалочных окна, и должно за-

канчиваться за 10 минут до начала выпуска. Для окончательного раскисления, а также для доведения содержания кремния, до предела, требуемого анализом, вводится богатый (45%) ферросилиций в ковш из коробки при помощи разливочного крана и частично с рабочей площадкой вручную.

Температура стали посередине разливки должна быть не менее $1415-1425^\circ$ по Пиропто без поправки. Время от конца разливки до начала раздевания не менее 1 часа 30 мин.

Разбраковка кремнистой стали установила наличие на прокатанных штангах большого количества поверхностных пороков: рванин, трещин, плен. Распределение этих поверхностных пороков в % по отношению к предъявленному к приемке металлу, видно из прилагаемой таблицы, дающей разбраковку за 1939 и 1940 годы.

Таблица 1.

Г о д	Брак в % от предъявленного к приемке			
	Плена	Рванина	Вологовина	Трещина
1939	1,96	2,30	0,50	3,18
1940	1,90	3,64	—	2,72

В отдельных случаях наблюдалось полное разрушение слитков, раздетых и оставленных на стрип-

пере. Приведем один характерный случай.

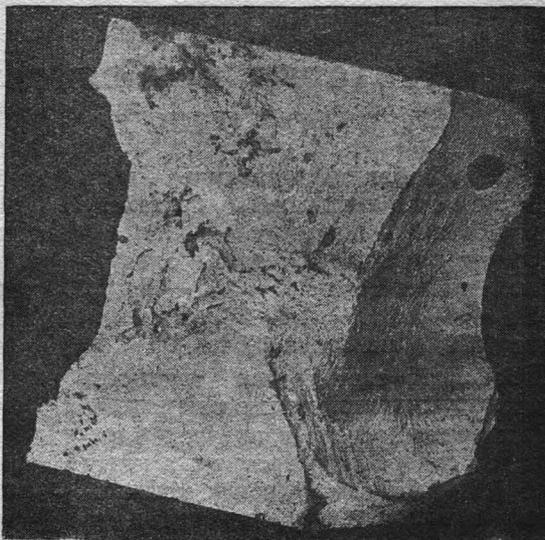
Два последних по разливке слитка (недоливки) рессорной стали, плавки 10-670, оставленные в здании стрипперного цеха и охлаждавшиеся на воздухе, разорвало на несколько частей. Один из слитков раскололся на три части, которые были покрыты глубокими поперечными трещинами (фиг. 1). Цвета побужалости на изломах дали возможность судить о температуре слитка при разрушении, которая в некоторых участках доходила примерно до 300°. На изломе видно крупнокристаллическое строение, особенно в центральной части слитка.

Для определения причин разрушения слитков, от одного из них (последнего по разливке) были взяты пробы с различных участков по высоте слитка для металлографического и химического анализов. Контрольный химический анализ проб дал следующие результаты:

Место взятия пробы	C	Mn	Si	P	S
Поверхность	0,49	0,86	5,77	0,04	0,02
Средняя часть	0,47	0,85	5,66	0,04	0,01
Централ. часть	0,48	0,86	5,66	0,04	0,01
Ср. анализ пл.	0,53	0,75	1,65	0,02	0,03

При сравнении полученных результатов с плавочным контрольным анализом, видна резкая разница в содержании кремния. Эту неравномерность в распределении кремния в массе металла надо объяснить тем, что введенный в ковш ферросилиций не успел полностью раствориться и дал отдельные слитки или зоны их с недопустимым содержа-

нием кремния. Микроструктура различных участков слитка видна на фиг. 2, 3, 4, по которым можно судить насколько резко отличаются размеры зерен по сечению слитка.



Фиг. 1.

Причиной разрушения слитков в данном случае явилось недопустимо высокое содержание кремния, неравномерно распределенного в массе металла. Резкие температурные напряжения вызвали разрыв связи между отдельными частями слитка. Кроме того, кремний, способствуя росту столбчатой структуры в стали с повышенным содержанием кремния, требует особенно осторожного нагрева и охлаждения.

Наиболее характерным пороком рессорной стали являются надрывы и трещины, образующиеся при прокатке (фиг. 5). Для определения характера и происхождения этих пороков были произведены химический и металлографический анализы металла одной из плавок. Химический анализ проб, взятых из различных по высоте частей слитка: хво-

стовой, средней и головной, показал равномерное распределение кремния в массе металла исследованной плавки. Таким образом, наличие поверхностных пороков нельзя было

температур 830—840°, подвергали закалке в воде. На изломе наличия флокенов не обнаружено. Отсутствие трещин на изломах закаленной стали дает возможность пред-



фиг. 2.

отнести за счет неудовлетворительного раскисления. После травления реактивом Фри, на темплетях, приготовленных из блюмсов, были обнаружены мелкие трещины, по своему внешнему виду очень похожие на флокены. На темплетях, приго-



фиг. 4.

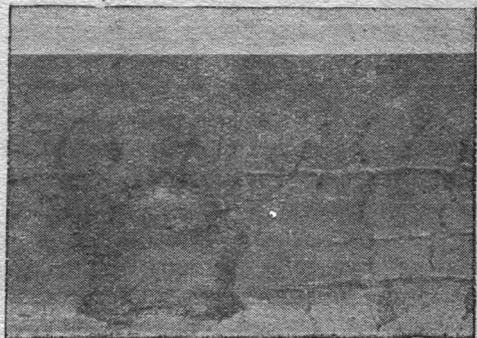
товленных из штанг, подобных трещин не оказалось. Для более полного определения природы этих трещин, ряд темплетов, нагретых до



фиг. 3.

полагать, что эти трещины являются трещинами чисто термического происхождения.

Микроисследование. Для анализа микроструктур изготавливались микрошлифы от ряда темплетов. Структура во всех случаях одинакова, а именно, зерна мелкопластинчатого



фиг. 5.

перлита, окаймленного разорванной сеткой феррита. В рессорной стали кремний полностью растворен в феррите и не приводит

к образованию новой составляющей. Но вместе с тем содержание Si в стали оказывает весьма существенное влияние на структуру. На фотографиях показан вид продольных трещин, очень распространенных на поверхности заготовок.

Вокруг трещины, наблюдается некоторое обезуглероживание, но очень незначительное. Здесь сказывается влияние кремния, который в значительной степени повышает склонность стали к обезуглероживанию. Вид трещин ясно говорит о том, что трещины этого типа образовались во время нагрева заготовок в печах.

Нагревательные колодцы, блюминг и стан «900». Рессорная сталь отливается обычно в 6-тонные слитки, уширенные кверху; в отдельных случаях ее отливают в восьмитонные слитки, уширенные книзу. В связи с повышенной чувствительностью рессорной стали к охлаждению и быстрому нагреву, слитки этой стали подают обычно из стриппера горячими. Температура посады в колодцы колеблется от 600 до 800°. Большинство слитков поступает на колодцы с температурой 700—750°.

Анализ причин брака по рванинам и трещинам показал прямую зависимость величины брака от температуры посады. Более высокой температуре посады отвечает меньший процент брака по трещинам. Более высокая температура посады, сокращая время пребывания слитков в колодцах, вместе с тем сокращает до минимума возможность пережога и оплавления. Наилучшие результаты получаются при посаде с температурой свыше 800°.

Для определения необходимой продолжительности нагрева рессорной стали были проделаны опыты на лабораторной электропечи. Для

приближения к условиям, имеющим место в нагревательных колодцах, печи была придана форма колодца. Посадка образцов в печь производилась сверху через отверстие, закрываемое во время нагрева шамотной крышкой. Продолжительность нагрева рельсовой стали, наиболее хорошо изученной на КМЗ, была принята за единицу. Продолжительность нагрева рессорной стали оказалась равной 118% продолжительности нагрева рельсовой стали. Исходя из этого, определялась продолжительность нагрева слитков рессорной стали при различной температуре посады.

Температура слитка	Рессорная сталь	
	Вес слитка	
	8 тн.	6 тн.
1000	2—0	1—30
950	2—30	1—40
900	2—50	2—00
850	3—10	2—0
800	3—40	3—00
750	4—00	3—20
700	4—40	3—40
650	5—00	4—00

Найденная таким путем продолжительность нагрева была практически проверена и принята в инструкции.

Прокатка слитков, плавки 11 468, взятой под наблюдение, размером 710 × 710 мм производилась на блюминге на сечение 300 × 330 мм за 17 пропусков. Температура прокатки слитков на стане после второго пропуска колебалась в пределах 1 150—1 160°.

Обрезь на ножницах блюминга составляла в среднем с головной части слитка 18% и с хвоста—2,7%.

На стр. 82, 1-я колонка, 8-я строка сверху, напечатано: «Вокруг трещины, наблюдается...»; следует читать: «Вокруг трещин наблюдается».

Раскат сечением 330×300 мм со стана «1100» поступал на стан «900», где прокатывался до сечения 200×170 мм. Температура металла в конце прокатки колебалась в пределах $940-960^\circ$. По мере прокатки блюмсы грузились на вагоны горячими ($850-880^\circ$) и отправлялись на склад блюмсов стана «500», где их разгружали и складывали в штабеля. Остывание происходило на открытом месте, не защищенном от сквозняков. Блюмсы остывали неравномерно. При остывании можно было слышать характерное потрескивание их. Потрескивание объясняется возникновением на поверхности блюмсов трещинок (длинной $20-30$ мм и глубиной $1,5-2,0$ мм) от внутренних напряжений при остывании. Эти трещины можно было наблюдать на остывших блюмсах, высланных для вырубки грубых дефектов металла.

Дальнейшие наблюдения за плавкой 11468 проходили на стане «500». Методические печи конструкции Чапман-Штейн стана «500» работают горячо, имея в конце методической части $900-950^\circ$, что является их характерной особенностью. С целью установления влияния высокой температуры в методической зоне печи на образование трещин на поверхности заготовок рессорной стали, была произведена посадка блюмсов в нормально идущие печи № 2 и № 4 и в предварительно охлажденную печь № 1. Охлаждение печи производилось следующим образом: за 30 минут до посадки рессорной стали расход коксового газа был снижен до $500-700$ куб. метр. в час. Стенки печи у садочного окна были охлаждены с 900 до 850° ; свод на протяжении $1,5-2$ метров охладился до почернения. В течение 10 минут после посадки в печь подавалось $500-700$ куб. метр. коксового газа

в час, затем расход его увеличился и в течение получаса был доведен до нормальных $2200-2400$ куб. метр. в час. В результате такого режима заготовки длительное время грелись в зоне низких температур (15 минут температура стенок печи у садочного окна держалась равной $850-900^\circ$ и в течение 35 минут поднималась от 900 до 1050°) и затем уже попадали в зону интенсивного нагрева. По мере продвижения заготовок в печи № 1 производился замер температур стенок печи и металла. Данные сведены в таблицу № 2.

Таблица 2.

Место замера температур	Время замеров	Тем-ра стенки печи	Тем-ра заготовки в печи
Окно посадки	11 ⁰⁵	850	Холодная
Окно № 1 . .	11 ²⁰	900	Черная
" № 2 . .	11 ⁵⁵	1050	600
" № 3 . .	12 ³¹	1240	1000
" № 4 . .	13 ¹⁸	1350	1200
" № 6 . .	13 ⁵⁸	1310	1250

Общее время нагрева заготовки сечением 200×170 мм равно 2 час. 53 мин. Средний часовой расход коксового газа 2200 куб. метр. в час; доменного— 3800 куб. метр. в час.

Распределение температур по зонам в печи № 2 дано в таблице 3.

Таблица 3.

Место замера температур	Время замеров	Тем-ра стенки печи	Тем-ра заготовки в печи
Окно посадки	10 ¹⁰	990	Холодная
Окно № 1 . .	10 ³⁰	1040	710
" № 2 . .	11 ⁰⁰	1150	950
" № 3 . .	11 ³⁰	1240	1170
" № 4 . .	11 ⁵¹	1280	1210
" № 6 . .	13 ³⁵	1260	1210

Продолжительность нагрева в печи № 2 равна 3 час. 15 мин. Сред-

ний часовой расход коксового газа 2900 куб. метр.; доменного—3400 куб. метр.

Температура металла при прокатке, после второй клетки колебалась в пределах 1140—1170°C и после девятой (последней)—920—940°C. Из 36 шт. блюмсов, посаженных в предварительно охлажденную печь № 1 было забраковано по рванине 2 блюмса; из 41 блюмса, посаженных в неостуженные печи № 2 и 4 было полностью забраковано по рванине 11 штук, и наполовину—7 шт.

Преимущества предварительного охлаждения печи при нагреве очевидны, но эта операция снижает производительность печи и стана, а поэтому неприемлема. Для окончательного решения вопроса о влиянии резкого нагрева на образование трещин и рванин решено было прокатать 13 плавков «транзитом», т. е. не допускать охлаждения блюмсов после стана «900», а по возможности горячими подавать их на печи стана «500». После прокатки была произведена соответствующая разбраковка. Также была разбракована 21 плавка, посаженная в печь в холодном состоянии. Данные разбраровок приведены в таблицах 4 и 5.

Сравнение по наиболее распространенным видам брака плавков, прокатанных из блюмсов, посаженных холодными в печи, и плавков, прокатанных из блюмсов, посаженных горячими в печи, дает следующее: Плавки, прокатанные транзитом (13 плавков) —

трещин—1,39%, рванин—0,72%.

Плавки, прокатанные из холодного посада (21 плавка) —

трещин—2,2%; рванин—8,3%.

Прокатка на клетях стана «500».

Образование рванин можно было наблюдать на блюмсе, который при прокатке застревал в одной из первых клеток непродолжительное время. От действия воды, охлаждающей валки, блюмс с поверхности быстро темнел, и при дальнейших проходах такие охлаждаемые места, как правило, давали глубокие рванины.

ВЫВОДЫ:

1. Для получения однородной по содержанию Si стали ни в коем случае не допускать выпуска металла с низкой температурой и не производить дачу FeSi в ковш в конце выпуска. Также недопустимо введение FeSi крупными кусками, не успевающими раствориться в металле. Дачу его заканчивать к наполнению ковша до половины, чтобы обеспечить хорошее растворение и перемешивание с металлом. Неправильный процесс дачи FeSi ведет за собой неоднородность по химическому составу.

2. Недопустима задержка слитков на стриппере. Необходимо обеспечить температуру слитков при посадке в коледцы не ниже 750 — 800°C.

3. Продолжительность нагрева рессорной стали равна 118% продолжительности нагрева рельсовой стали.

4. Прокатку рессорной стали на стане «500» производить «транзитом», т. е. подавать на печи стана «500» горячие блюмсы, так как из-за высокой температуры садочного окна при посадке холодных блюмсов в печь появляются трещины и рванины при прокатке.

Таблица 4.

Плавки кремнистой стали, прокатанные на стане 500 „транзитом“

№№ п./п.	№№ плавок	Осмотрено в тоннах	Б р а к				Обрезь в тн.	Первый сорт
			Рванин тн	Трещин тн	Плена тн	Песок тн		
1	5183	52,4	—	—	—	—	0,2	52,2
2	7008	101,7	—	1,3	—	—	2,5	97,6
3	6845	117,0	—	—	—	—	—	117,0
4	9762	109,8	1,7	2,1	—	—	1,9	106,0
5	5185	104,0	2,1	1,7	—	—	—	100,2
6	9764	113,3	—	2,1	2,9	—	—	108,3
7	9751	113,8	2,5	—	0,4	—	—	110,9
8	5173	93,2	1,6	0,8	—	—	1,4	89,4
9	6848	52,4	—	—	—	—	—	52,4
10	5189	123,7	—	2,1	—	1,2	1,8	118,6
11	11478	119,9	—	1,2	1,7	—	0,9	116,1
12	9763	78,5	—	2,0	—	—	—	76,5
13	6848	81,9	1,2	4,2	—	—	—	76,5
Всего . . .		1261,6	9,1	17,5	5,0	1,2	8,7	1220,7
в % % . . .		1000/0	0,72	1,39	0,39	0,09	0,69	96,78

Таблица 5.

Плавки кремнистой стали, посаженные в печи стана „500“ в холодном состоянии.

№№ п./п.	№№ плавок	Осмотрено в тоннах	Б р а к				Обрезь тн.	Первый сорт
			Рванин тн	Трещин тн.	Плена тн.	Песок тн.		
1	7995	123,9	9,2	4,8	—	—	—	109,9
2	11468	130,9	31,2	—	—	—	—	94,8
3	6832	127,5	13,5	—	—	—	—	114,0
4	5171	125,0	5,8	—	—	—	—	119,2
5	10628	108,0	2,4	—	—	—	—	105,6
6	5177	121,9	12,5	2,5	—	0,8	1,6	104,5
7	6833	118,9	1,2	1,1	—	—	—	116,6
8	1013	129,6	1,2	1,6	—	1,0	1,2	124,6
9	12334	115,0	9,9	5,5	—	—	—	99,6
10	12342	119,5	0,8	8,7	—	—	—	110,0
11	12340	113,4	2,9	—	—	—	0,4	110,1
12	10603	109,2	20,4	4,6	1,7	—	5,2	107,9
13	11472	109,5	2,9	3,4	—	—	—	108,3
14	11471	91,2	2,1	1,0	—	—	2,0	86,1
15	6841	126,8	19,4	8,7	—	—	0,5	98,2
16	9472	109,8	1,7	2,1	—	—	—	106,0
17	11467	138,1	13,2	6,0	—	—	—	118,9
18	7993	134,0	13,7	1,7	0,8	—	7,5	110,3
19	9739	144,3	11,6	2,5	—	—	1,1	129,1
20	9741	114,5	32,2	—	—	—	—	82,3
21	6826	103,2	0,8	—	—	—	0,8	101,1
Всего . . .		2544,2	212,3	54,2	2,5	1,8	21,5	2252,2
в % % . . .		1000/0	8,3	2,2	0,0009	0,0007	0,84	88,65

5. При подаче блюмсов на склад, если их нельзя непосредственно посадить горячими в печи стана «500», необходимо штабелировать их в защищенном от сквозняков помещении. Производить раскладку для вырубки внешних дефектов только полностью остывших блюмсов.

6. При посадке холодных блюмсов рессорной стали в печи стана «500», необходимо предварительно остудить печи до потемнения свода у садочного окна и понижения температуры стенок в хвосте печи до 850° .

7. Кончать прокатку следует при температурах в $920 - 940^{\circ}\text{C}$.

Основные виды дефектов сталей КМЗ и борьба с ними.

Проведенные центральной лабораторией за последние месяцы исследования вскрыли более подробно природу и значимость отдельных видов брака, многим из которых раньше не придавалось серьезного значения. Подавляющее большинство пороков указывает на то, что основным звеном в процессе производства стали, дающим наибольшее количество брака, является разливка. Внутренние пороки, как «корки», «песочины», железные включения, усадочная раковина, отчасти осевая сегрегация, образуются при разливке стали.

Наружные пороки: плены, волосяны, трещины, рванины также, в большинстве случаев, обязаны своим происхождением неудовлетворительной разливке.

Основные виды внутренних пороков стали и борьба с ними

Большинство пороков (95%), которые встречаются в среднеуглеродистой стали, в большей или меньшей мере свойственны всем остальным спокойным сталям. Рассмотрим поэтому на ее примере причины возникновения внутренних пороков и способов борьбы с ними.

«Корки». Мы обнаружили по внешнему виду два типа «корок» в слитках, а по природе происхождения три. Первый тип порока состоит из конгломерата крупных дендритов, сопровождающихся часто резкими загрязнениями (сегрегата-

ми). С таким пороком в массовом масштабе завод встретился в октябре—ноябре месяцах 1939 г., когда необходимо было сокращать стояние составов на разливных площадках с 1 часа—1,5 часа до 20 минут. Это обстоятельство весьма сильно сказалось на качестве металла. Так, например, таким пороком в январе 1939 года было поражено 2 плавки, в феврале 1, марте 1, апреле 1, мае 1, июне 3, июле 3, августе 4, сентябре 7, октябре 12 и ноябре 21. Рядом экспериментов было доказано, что «корка», которая образуется в избыточной части слитка под слоем генераторной сажи, при встряхивании изложниц (особенно на стрелках, стыках рельсов, от толчков паровоза) опускается в нижнюю часть слитка, унося с собою большое количество неметаллических включений. После увеличения выдержки составов на разливных площадках до 1 часа, данный вид брака почти полностью прекратился. Однако, даже при часовой выдержке в последних слитках этот вид брака наблюдается и в настоящее время. При утеплении избыточной части слитка двумя лопатами генераторной сажи необходимо выдерживать составы на разливной площадке до 1 часа 30 мин. Завод ограничен разливыми площадками, и в случае увеличения выпуска данной марки стали просто не сможет этого сделать.

Возможны два варианта для решения вопроса с выдержкой составов: первый—добиться такого утепления прибыльной части, при котором в течение 1,5—2 часов не образовывалось бы «корки» под слоем теплоизолирующего материала, что осуществить весьма трудно. Второй путь—получение «корки» через 20 минут без ухудшения макроструктуры слитка. Это путь более легкий и, по всей вероятности, он даст нужный результат.

Второй тип «корки» в виде инородных расплывчатых включений в массовом масштабе встретился в верхней части слитков, при уменьшении обрезки головной части слитка с 25% до 14%.

В плавках, отлитых через промежуточное корыто, с обрезью с головной части 14%, этого вида брака в металле было обнаружено меньше: в 39 плавках «корки» были обнаружены в 29 пробах. Из наблюдений, проведенных лабораторией, выяснилось, что чем выше температура металла, тем меньше «корок» имеется в верхней части слитков.

Кроме того, было установлено, что чем меньше перерыв во времени от заполнения изложницы до начала заливки плавающего керамического утеплителя, тем меньше корок получается в верхней части слитков. Микроанализ данного брака установил, что по структуре металла «корки» не отличаются от основного металла, сварка между «корками» и основным металлом полная, но сама «корка» и металл вокруг нее бывают сильно поражены неметаллическими включениями.

Этот вид брака появляется в слитке при довольно длительном перерыве между заполнением утеплителя и изложницы. Образующаяся «корка» на поверхности слитка при последующей доливке утеплите-

ля струей металла загоняется в слиток. С переходом на надставные утеплители перерыва струи металла не будет.

При надставном утеплителе необходимо строгать верхнюю торцевую часть изложницы и нижнюю часть утеплителя, так как иначе возможно подвисяние слитков и появление поперечных трещин на них; подмазка глиной швов между изложницей и утеплителем приведет к загрязнению слитков неметаллическими включениями.

Решение, которое принято пока на КМЗ, разливать вторую половину изложниц на составе без перерыва, хотя и дало заметный эффект в уменьшении числа «корок» в металле, но не решило вопроса для первой половины слитков. Кроме того, в изложницах второй половины металл часто выходит за борты их, что приводит к подвисянию слитков.

Такой же в точности тип «корок» обнаружен в нижней части слитков, но в количестве, большем, чем в верхней части слитков. «Корки» в нижней части слитка сопровождаются значительными загрязнениями типа огнеупоров, хотя они так же, как и верхняя «корка», по микроструктуре не отличаются от основного металла и имеют с ним полную сварку. При ступенчатой обточке по неметаллическим включениям, сопровождающим «корки», получаются внутренние волосовины и песочины.

Природой этого вида брака являются заплески в нижней части изложницы, которые образуются на стенках изложницы при начальном ударе струи металла о дно изложницы. Уничтожение его надо искать в разливке стали через фордовское корыто, при помощи которого можно избежать сильного заплеска стенок изложниц. Из

табл. 1 видно, что этот вид порока поражает, главным образом, нижнюю часть слитков.

створяются, а по их контуру остаются скопления неметаллических включений.

Таблица 1.

Утеплители во всех плавках и на всех изложницах доливались от последующего к предыдущему. Из 11 плавков забраковано:

1) По „коркам“ в верхней части слитков	28 шт.	
По „коркам“ в нижней части слитков	93 „	
	в ‰ по „коркам“	(47,7‰)
2) По загрязнениям типа огнеупоров в нижней части слитка	80 шт.	
По загрязнениям типа огнеупоров в верхи й части слитка	12 „	
	в ‰ по загрязнениям	(36,1‰)
3) По сегрегации	39 шт.	(36,1‰)
4) По „коркам“, состоящим из крупных дендритов	3 „	(1,2‰)

Из таблицы видно, что по „коркам“ и загрязнениям, то-есть видам брака, происходящим из-за явно неудовлет вительной разливки металла бракуется 83,5‰.

Поражена этими пороками, главным образом, нижняя часть слитков.

Загрязнения, вносимые в слиток извне

Брак, который обнаруживался на заводах-потребителях в виде песчины, падает на нижние штанги, которые обычно считались наилучшими. Подчеркиваем, что такой брак наблюдается не только на среднеуглеродистой стали, но и на прочих марках сталей.

Характерно, что загрязнения заносятся в слиток «корками», к которым пристали огнеупоры со дна изложниц или их стенок. «Корки» ра-

В настоящее время к качеству среднеуглеродистой стали предъявляются такие требования, при которых не допускаются в пробах 1—2 точечные раз'едания металла по месту залегания маленького кусочка огнеупора. Хотя принятыми мерами абсолютное количество «корок» и загрязнений в нижней части слитков резко понижено, все же вопрос о сокращении брака штанг по загрязнениям на сегодняшний день стоит весьма резко.

Таблица 2.

Из 11 плавков забраковано (утеплители в данных плавках, примерно, до середины состава доливались от последующего к предыдущему, а остальные—сразу).

1) По „коркам“ в верхней части слитков:		
доливка утеплителя от последующего к предыдущему . . .	8 шт.	
доливка утеплителя сразу	0 „	
По „коркам“ в нижней части слитков:		
доливка утеплителя от последующего к предыдущему . . .	21 шт.	
	Всего по „коркам“	(21,3‰)
2) По загрязнениям типа огнеупоров:		
в верхней части слитков . . .	3 шт.	
в нижней части слитков . . .	49 „	
	Всего по загрязнениям	(30,7‰)
3) По сегрегации в верхней части слитков	64 шт.	
	Всего по сегрегации в процентах	(46,7‰)
4) По коркам, состоящим из крупн. дендритов в верхи. части слитков	2 шт.	(1,8‰)

Из таблицы видно, что „корок“ в тех слитках, утеплители которых доливались сразу, совершенно нет. Наиболее пораженной частью слитков по „коркам“ и загрязнением следует считать нижнюю.

Анализ загрязнений указывает на то, что они являются огнеупорами и заносятся в изложницу извне.

В целях борьбы с этим пороком необходимо: 1) тщательно продувать изложницы; 2) перейти на надежные утеплители; 3) оберегать изложницу от случайного попадания загрязнений. Вместе с этим, необходимо обратить внимание на чистоту жолоба, ковша и на прочность их футеровки.

Железные включения.

Этот вид брака получается вследствие всплывания укладываемых на дно глухих изложниц кусков сляб, с целью предохранения их от размыва струей металла. Применением специальной закрепляющейся пробки он был устранен.

Осевая сегрегация

Осевая сегрегация часто неправильно именуется ликвацией. Причинами ее образования могут быть: а) недостаточная выдержка состава на разливочной площадке; б) разливка металла с подтеком или расцеивающей струей; в) малая выдержка металла в ковше; г) быстрая разливка стали, при которой неметаллические включения не успеют полностью всплыть в шлак. В таких случаях наиболее загрязненными являются последние по разливке слитки; д) неправильное раскисление и дегазация стали; е) конструкция изложницы и утеплителя и т. д. Все эти факторы сказываются на появлении осевой сегрегации.

Послитковый контроль убеждает нас в том, что наиболее грязными

являются последние слитки по разливке, и что, имеются резкие отклонения по отдельным слиткам в середине и начале разливки. Это указывает на то, что решающим в деле образования осевой сегрегации также являются факторы разливки.

Флокены в среднеуглеродистой стали.

За последнее время этот вид брака становится одним из основных; с ним надо немедленно покончить. В настоящее время борьба с флокенами мыслима тремя путями:

1. Методом замедленного охлаждения блюмсов, или медленного охлаждения штанг при прокатке металла транзитом. Этот путь является проверенным на практике и гарантирующим устранение флокенов в стали. В наших условиях проведение этого мероприятия в жизнь встречает трудности из-за недостаточности площадей для замедленного охлаждения.

2. Устранение флокенов путем изотермического охлаждения. При этом способе блюмсы необходимо охлаждать на воздухе до 500° , а затем сажать их в нагревательные печи. Штанги охлаждаются на воздухе. Этот путь хорошо еще не проверен. В наших условиях прокатка большого количества металла транзитом, которого требует этот способ, и точно по графику также затруднена, как и применение первого способа.

3. Третий путь борьбы с флокенами в стали — борьба с газонасы-

ценностью металла в мартеновских цехах, в частности с водородом. К сожалению, до сего времени в этом отношении мало достигнуто, так как количество факторов, влияющих на насыщение металла водородом, в процессе его производства, весьма велико.

Кроме этого, не разработана хорошо методика контроля стали на содержание в ней водорода по ходу процесса и вообще нет критериев предельно допустимых содержаний водорода в стали. Необходимо в ближайшем будущем такую методику разработать.

Наружные виды брака стали и меры борьбы с ними

В подавляющем большинстве случаев пороки на поверхности готовой продукции появляются в результате наличия плен, заливки, поперечных и продольных трещин и газовых пузырей на слитках. Эти виды пороков из года в год сопровождают нашу продукцию, временами увеличиваясь, временами снижаясь. Борьба с ними надо, в первую очередь, на разливке стали и в стрипперном цехе, а во вторую очередь при адьюстаже блюмсов и готовых профилей.

Плены. Плена является спутником слитков, разлитых сверху. Она образуется в нижней части слитка (иногда до половины его) от заплеска металлом стенок изложницы при первоначальном ударе струи металла о дно изложницы или

поддон, от заливания стенок изложниц при веерообразной или косой струе, а также при некроющем стопоре или при попадании прямой струи на стенку изложницы. Эти заплески дают массу пороков, во-первых, плену на слитке, во-вторых, завороты и «корки» в нижней части слитков; между пленой и основным металлом в слитке образуются прослойки из газовых пузырей и неметаллических включений. Там, где плена дает заворот по стыку между нею и основным металлом на слитках часто получают трещины (обычно поперечные или косые). Газовые пузыри по пленам раскрываются, дают на готовой продукции характерные короткие трещины-волосовины.

Часто при рубке штанг по здоровому совершенно месту первая стружка не колетса, а последующая за ней колетса. Это происходит по тому, что на штанге есть плена, «корка» которой является здоровым металлом. Когда зубило дойдет до границы между пленой и основным металлом, стружка начинает раскалываться по неметаллическим газовым прослойкам сосредоточенным в этих местах.

Плена в нижней части слитка дает на готовой продукции плены, трещины, волосовины, рванины, завороты, «корки».

Главной причиной образования плен из всех выше перечисленных является сильный удар струи металла о дно или поддон изложницы. На величину плен очень силь-

но влияют скорость, температура разливки и хим. состав стали. В нижней части хромистых слитков «корки» почти не наблюдаются, но зато нижние штанги сильно поражены пленами и чаще всего со всех четырех сторон. Это происходит потому, что хромистый металл быстрее застывает и под воздействием температуры поднимающегося металла в изложнице эти заплески не прогибаются и не дают «корок». Наиболее радикальным способом борьбы с пленами является сифонная разливка металла. При разливке сверху необходимо перейти на разливку через промежуточное устройство, при котором будет значительно меньше удар струи металла о дно изложницы. Все же, как при разливке через промежуточное устройство, так и без него, необходимо отыскать оптимальные скорости и температуры разливки металла с целью избежания «корок» и плен.

Заливины. Этот вид брака является разновидностью плен на поверхности слитков и может наблюдаться на любой части их. Порок происходит при вытекании металла из образовавшейся поперечной трещины в момент подвешивания слитка, или при преждевременной отбивке утеплителей, в результате чего, из прибыли вытекает металл и заливает, в первую очередь, поверхность слитков. Этот вид брака легко устраним: необходимо соблюдать график прохождения слитков из мартена на блюминг, устранить воз-

можность подвешивания слитка в изложнице.

ПОПЕРЕЧНЫЕ ТРЕЩИНЫ НА СЛИТКАХ.

Причинами образования поперечных трещин на слитках являются: а) подвешивание их и б) завороты заплесков в нижней части слитков, о чем было сказано выше.

Массовое появление поперечных трещин наблюдалось на заводе два раза:

Первый раз при введении изложниц уширенных кверху, когда угол наклона стенки изложницы был более 3° и слитки подвисали. Второй раз при освоении надставных утеплителей. Подвешивание при строганных утеплителях и изложницах получилось потому, что не была подобрана футеровочная масса — металл приваривался к ней, между кожухом утеплителя и футеровкой в нижних углах были пустоты, которые заполнялись металлом, верхняя часть изложницы имела большую конусность.

Подвешивание слитков происходит еще из-за наличия дефектов в изложницах: волнистости по высоте, выгаров. Подвешивание происходит при заливке металлом изложниц и утеплителей, из-за пробития «корки» между плавающим утеплителем и изложницей, в результате чего сталь заливает борты изложницы.

Образованию поперечных трещин на слитках при их подвешивании очень сильно способствует высокая температура разливки металла. На го-

товой продукции поперечные трещины на слитках дают рванины и глубокие продольные трещины. Этот вид брака может быть устранен следующим путем:

1. Изложница должна иметь конусность не более 3° . Между плавающими утеплителями и стенками изложниц должен быть минимальный зазор. Объем прибыльной части слитка, конусность, состав огнеупорной массы следует подобрать как для плавающих, так и для надставных утеплителей. Кожухи надставных утеплителей должны иметь в нижней части выступы, которые не давали бы возможности утеплителям сдвигаться с места во время дергания составов паровозом. При эксплуатации плавающих утеплителей необходимо подкладывать под них колышки, выбиваемые через определенный промежуток времени после заливки изложницы и утеплителя металлом для того, чтобы дать возможность слитку садиться вниз.

2. Изложницы из литейного цеха должны приниматься работниками ОТК по определенным шаблонам.

3. Необходимо изложницы, получившие дефекты во время их эксплуатации, отбраковывать.

4. Разливка металла должна быть нормальной, т. е. с хорошо кроющим стопором и точно по центру.

ПРОДОЛЬНЫЕ ТРЕЩИНЫ НА СЛИТКАХ.

Природа данного порока хорошо изучена. На нем следует остановиться только потому, что за последнее время он стал наблюдаться чаще. Продольные слитковые трещины обычно располагаются на углах, т. е. по стыку шестоватых кристал-

лов, в местах наибольшей слабости слитков. На готовой продукции получаются продольные угловые трещины, которые очень часто работниками цехов и ОТК смешиваются с закатом, так как трещины часто бывают расположены с двух противоположных сторон около углов штанг.

Причинами образования угловых трещин на слитках являются:

1. Высокая температура разливки металла, что особенно часто бывает за последнее время, когда металл часто предполагают разливать через промежуточное корыто, а разливают без такового.

2. Резкое охлаждение раскаленных слитков на складе. Замечено, что брак по трещине на осевом металле, прокатанном из холодняка, процентов на 30 больше, чем при нагреве слитков в колодцах с температурой $800-850^\circ$.

3. Неправильный подбор радиусов закругления у углов изложниц.

Бороться с этим пороком необходимо разливкой металла при оптимальных температурах.

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ГАЗОВЫЕ ПУЗЫРИ НА СЛИТКАХ.

Этот вид порока неприятен тем, что на готовой продукции он дает мелкие, короткие волосовины, которые иногда так сильно поражают поверхность металла, что приходится производить почти полную обдирку штанг. Причины появления газовых пузырей на поверхности и в подкорковой зоне слитков давно уже выяснены. Ими являются: 1) плохая очистка внутренних поверхностей изложниц от скрапинок; 2) изношенность изложниц («сет-

ка», крупные поры и т. д.); 3) неудовлетворительное покрытие изложниц лаком или смолой; 4) плохое раскисление металла; 5) наличие плен на слитках; 6) установка под разливку холодных изложниц и т. д.

Практическими мерами борьбы с данным пороком будут: 1) тщательная очистка изложниц; 2) смазка изложниц при определенной температуре специально подобранным лаком.

Мероприятия по борьбе с пленами и сопровождающими их газовыми пузырями приведены выше.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В заключение необходимо подчеркнуть, что вопросы повышения качества металла будут успешно и быстро решаться заводом только в том случае, если во всех звеньях металлургического цикла будут точно соблюдаться технологические инструкции, если инженерно-технические работники и рабочие будут повышать изо дня в день свою производственную квалификацию, улучшать технологию процесса.

Природа внутренних волосовин и песочин в осевом металле КМЗ

Кузнецкий металлургический завод получает от потребителей довольно большое количество рекламаций на осевую заготовку. Основной брак идет по чистовым осям, браковочным признаком которых является наличие на чистообработанных шейке и подступичных частях оси внутренних волосовин и песочин. За 1939 год забраковано по указанной причине около 13.000 штук осей и за первое полугодие 1940 года приблизительно 1500 штук осей.

Для абсолютного большинства забракованных осевых плавок по внутренней волосовине и песочине брак колеблется в пределах 8—30 штук осей на одну плавку или 4—15%.

Центральной лабораторией КМЗ после введения макроконтроля на нижнюю часть слитка стали С-54 было установлено, что большинство штанг из нижней части слитка в различной степени загрязнено корками и неметаллическими включениями, главным образом, огнеупорами. По мнению лаборатории, указанный вид брака объясняется недоброкачественной разливкой металла по изложницам. После проведения соответствующих мероприятий по разливке, количество отбракованных штанг по загрязненности металла резко снизилось.

Настоящая работа была проведена с целью:

1. Проверки справедливости указанного выше мнения о причинах загрязненности нижней части слитка применительно к слитку осевой стали.

2. Установления природы внутренних волосовин и песочин в осевом металле.

3. Выявления закономерности распределения внутренних волосовин и песочин по высоте слитка.

4. Разработки на основании полученных результатов исследования соответствующих мероприятий по борьбе с внутренними волосовинами и песочинами в осевом металле КМЗ. В дальнейшем изложении нами приняты под термином «песочина» и «внутренняя волосовина» следующие понятия: «Песочинной» называется тонкая продольная трещина, заполненная неметаллическими включениями, различаемыми невооруженным глазом, белого или серого цвета, «Внутренней волосовиной» называется очень тонкая продольная трещинка темного цвета, без заметного присутствия (невооруженным глазом) в ней неметаллических включений.

По вопросу о внутренних волосовинах и песочинах в осевом металле имеется ряд исследовательских работ, основные выводы которых сводятся к следующему:

«Песочины» представляют собой неметаллические включения, попавшие в сталь при ее изготовлении,

главным образом, при разливке металла по изложницам.

Путем химического анализа, металлографического и петрографического исследований, установлены два вида неметаллических включений:

а) включения, являющиеся результатом процесса раскисления и кристаллизации стали;

б) механически запутавшиеся частички огнеупоров, песка, шлаков и т. д. Средний состав песочин находится в следующих пределах:

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Mn	Fe	CaO
30—52%	3—15%	15—32%	1—10%	0—2%

По характеру залегания в металле песочины делятся на две категории:

а) поверхностные песочины, размер которых достигает в поперечнике от 2 до 52 мм. Строение плотное с острыми углами или рыхлое. Цвет обычно светлосерый или темносерый;

б) внутренние песочины, обнаруживаемые в металле на глубине от 2—3 мм и выше. Внутренние песочины представляют собой тонкую продольную трещину, заполненную включениями неметаллического характера белого или серого цвета, различаемыми невооруженным глазом.

Наряду с песочинами в осевой заготовке на глубине 5—45 мм от черновой поверхности располагаются очень тонкие волосные трещинки темного цвета, без заметного, невооруженным глазом, присутствия неметаллических включений. При рассматривании под микроскопом обнаруживаются следы неметаллических включений, скопившихся около газового пузыря. Размеры внутренних волосовин находятся в пределах по длине от 2 мм до 100 —

150 мм и по ширине от 0,01 до 1 мм.

Поверхностные песочины концентрируются, главным образом, в нижней части слитка, внутренние — в дне усадочной раковины.

Как песочины, так и внутренние волосовины являются результатом неметаллических включений в стали.

Интересна работа, проведенная на заводе имени Сталина, Донбасс*), в которой рассматривается влияние конечного состава металла на количество брака по песочине и внутренней волосовине. Последняя работа указывает на необходимость изменения ОСТ'а на осевую сталь в направлении повышения содержания углерода в конечном металле до 0,5 — 0,55%, понижения марганца до 0,4 — 0,7% и понижения кремния до 0,10 — 0,20%, т. е. для приближения наших осей к осям американских заводов.

Методика изучения природы внутренних волосовин и песочин в осевом металле КМЗ

Для изучения природы внутренних волосовин и песочин в осевом металле КМЗ нами была принята следующая методика:

Для лабораторных исследований отбирались поперечные темплеты и образцы для ступенчатой обточка, которая производилась по схеме, показанной на фиг. 1. Образцы после обточки тщательно осматривались невооруженным глазом и через лупу, характерные из них фотографировались, после чего по месту залегания дефекта вырезались поперечные темплеты.

Все поперечные темплеты как от блюмсов, так и от образцов ступенчатой обточка, подвергались глубокому правлению в 50% раство-

*) Теория и практ. металлургии № 7—8, 1938 г.

ре соляной кислоты. Наиболее характерные из них по расположению дефектов фотографировались.

Осмотренные поперечные темплеты разрезались по месту залегания дефектов, обе половины строгались и подвергались глубокому травлению, после предварительного осмотра их.

По месту залегания внутренних волосовин и песочин вырезались шлифы для более тщательного изучения дефекта под микроскопом.

Все данные, полученные как при изучении поперечных темплетов от блюмсов, так и от образцов ступенчатой обточкой, а затем и микрошлифов сопоставлялись между собой.

Образцы для ступенчатой обточки и поперечные темплеты взяты от следующих плавов:

а) в цехе вырубки от осевых заготовок плавки 9515, забракованных по поверхностной песочине (отобрано 5 проб);

б) на блюминге от нижней части слитка (последняя заготовка для оси) плавов 9538, 6565, 11282. Пробы отобраны по одной от слитка для 3 слитков каждой плавки;

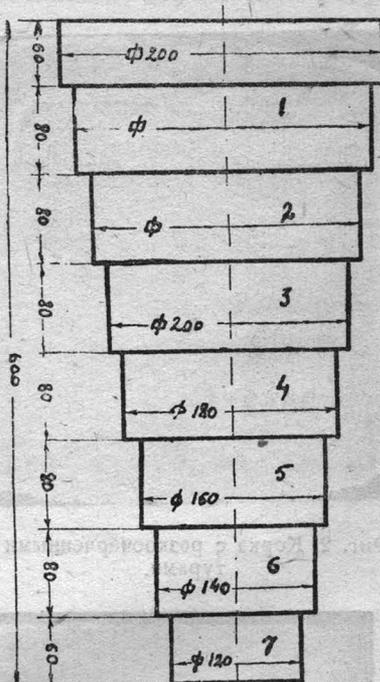
в) по высоте слитка (1-я, 6-я и 12-я заготовки) взяты пробы от плавов 10416 и 12105.

Все поперечные темплеты, отобранные от нижней части слитка, после глубокого травления имели загрязнения в различной степени, в виде более или менее крупных включений типа огнеупоров, располагающихся по всему сечению поперечных темплетов.

Из поперечных темплетов плавки 9515 только один поражен неметаллическими включениями, остальные 4 имели плотный и чистый металл.

Часть проб после глубокого травления имела загрязнения в виде корок, растворившихся в той или иной степени или с резко очерченными

контурами. По контуру корок имелись неметаллические включения типа огнеупоров и концентрировались другие типы включений. Ха-



Фиг. 1

рактерное расположение корок и загрязнений показано на фиг. 2—3.

На разрезах поперечных темплетов по месту залегания загрязнений и корок глубоким травлением обнаружены внутренние волосовины и песочины. Наиболее характерный из разрезов показан на фиг. 4.

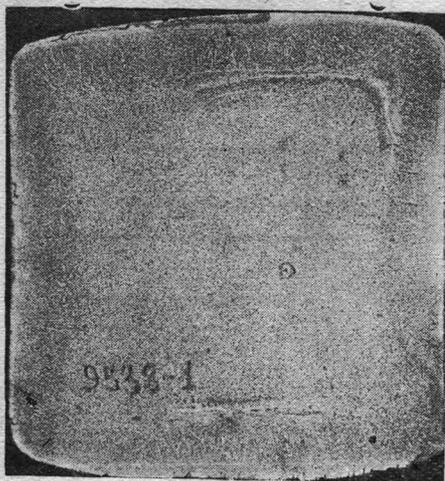
Изучением разрезов по коркам было установлено, что по границе свариваемости корки с основным металлом и вблизи корки располагается значительная часть загрязнений типа огнеупоров, по которым идут волосовины и песочины.

Ступенчатой обточкой образцов обнаружено:

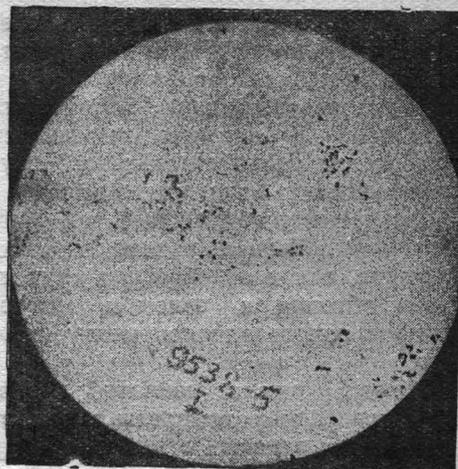
1. Из проб плавки 9515 только

один образец (9515—3) имел внутренние волосины и песочины, размеры которых находились в пределах 2—20 мм длиной и 0,5—1 мм в поперечнике. Расположение воло-

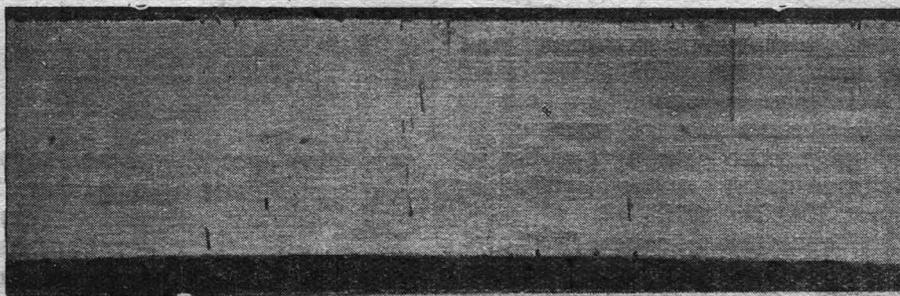
щихся по всей длине обрабатываемых образцов (см. фиг. 1). По залеганию вглубь металла для внутренних волосин и песочин не удалось установить никаких пределов, так как



Фиг. 2. Корка с резко очерченными контурами.



Фиг. 3. Поперечный темплет по месту залегания песочины, выявлен, при обработке.



Фиг. 4.

совин одиночное на противоположных сторонах по диаметру обрабатываемого образца. Глубина залегания 10—30 мм от черновой поверхности образца.

2. Все 12 проб с нижней части слитка от плавков 9538, 6565, 11282, 10416 и 12105 были поражены в различной степени внутренней волосиной и песочинной, располагаю-

они обнаруживались на всех ступенях от 10 до 40 мм вглубь металла. Судя по характеру расположения загрязнений в поперечных темплеттах, можно ожидать расположение их по всему сечению темплета.

Размеры всех волосин и песочин, обнаруженных при осмотре проб, находились в пределах 2—25 мм, по длине и до 1 мм, в по-

перечнике, при этом максимальное количество песочин располагалось на глубине 20—40 мм. и имело размеры по длине 2—3 мм. и в поперечнике до 0,5 мм. В большинстве случаев песочины располагались группками или в виде цепочки.

3. При обточке проб 6 (средина слитка) плавки 10416 и 12105 и 1-й (верх слитка) плавки 12105 внутренних волосовин и песочин не обнаружено.

Для пробы 1-й плавки 10416 обнаружена одна волосовина размером 3 мм по длине и 0,5 мм. в поперечнике.

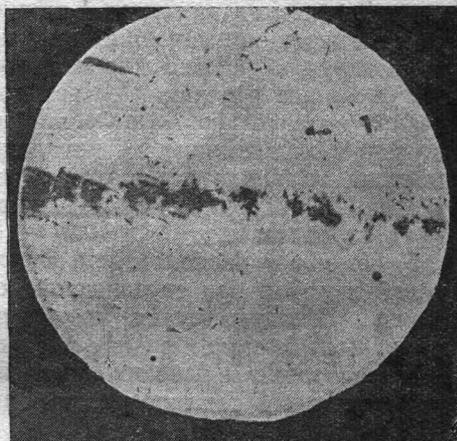
На поперечных темплетах, вырезанных по месту залегания внутренних волосовин и песочин в образцах ступенчатой обточки, глубоким травлением выявлено наличие загрязнений и корок, соответственно загрязнениям, имевшимся в поперечных темплетах, отобранных от блюмсов и заготовок.

Разрезы по обнаруженным дефектам дали большое количество волосовин и песочин, также как и для разрезов поперечных темплетов от блюмсов.

Наиболее интересным из всех обточенных проб является образец 9538—1 (см. фиг. 2), который, будучи поражен внутренней волосовиной и песочинной по всей обточенной поверхности, при разрезах имел корку, распространяющуюся также на всю длину обтачиваемого образца. Характер расположения корки в основном такой же, как показано на фиг. 2 для поперечного темплета от блюмса, с той лишь разницей, что наблюдается некоторая тенденция к смещению корки от граней к центру темплета, а также как бы отрыв отдельных ее частей, которые располагаются на некотором расстоянии от первоначального своего положения. Поперечный темплет с 7-й сту-

пени (см. фиг. 1) не имеет уже общего контура корки, как показано на фиг. 2, а содержит только отдельные кусочки этой корки, расположенные в некотором беспорядке по всему сечению до центральной части темплета.

При изучении внутренних волосовин и песочин под микроскопом было обнаружено, что все они располагаются по неметаллическим включениям характера огнеупоров и редко шлаковых частиц. Наиболее характерное расположение волосовины по неметаллическим включениям показано на фиг. 5. При изучении под



Фиг. 5.

микроскопом корок и основного металла около них, в микроструктурах не обнаружено никакой разницы, ввиду полной свариваемости корки с основным металлом.

Результаты проведенного исследования в основном сводятся к следующему:

1. Нижняя часть слитка осевого металла КМЗ в значительной степени загрязнена неметаллическими включениями типа огнеупоров.

2. Имеются случаи присутствия в нижней части слитка осевой стали

иностранного включения в виде корки, которая сопровождается отдельными включениями огнеупоров по месту свариваемости ее с основным металлом, а также и вблизи нее.

3. Причиной образования корки в нижней части слитка является заплеск внутренней поверхности изложницы металлом с образованием твердой корочки, которая под воздействием температуры поднимающегося металла может, размягчаясь, прогибаться в центральную часть слитка, образуя там корки, сопровождающиеся большим количеством загрязнений.

4. Основными причинами образования заплесков металла в нижней части слитка являются: а) сильный удар струи металла о дно изложницы (в начале разливки); б) веерообразная косая струя металла при наполнении изложницы; в) попадание металла на внутреннюю стенку изложницы при разливке с некроющим стопором.

5. По месту расположения загрязнений и корок при ступенчатой обточке обнаруживается нарушение сплошности металла в виде внутренних волосовин и песочин, залегающих по всему сечению осевой заготовки.

6. При изучении внутренних волосовин и песочин под микроскопом установлено, что причиной их образования является загрязненность металла неметаллическими включениями типа огнеупоров и корок, реже шлаковых частиц.

7. Изучением паспортов на рекламированные плавки осевой стали не

удалось установить степень влияния конечного химсостава металла на количество брака по внутренней волосовине и песочине.

8. Все плавки, с пробами которых проводилось данное исследование, имели нормальный по инструкции процесс изготовления стали.

ВЫВОДЫ.

1. Нижняя часть слитка осевой стали КМЗ является явно браковочной из-за наличия там включений типа корок и огнеупоров, по которым при обточке выявляются внутренние волосовины и песочины.

2. Радикальной мерой борьбы с корками в нижней части слитка является переход на разливку через промежуточное устройство (блюдо Форда) с соблюдением оптимальных скоростей и температуры разливки.

3. С целью борьбы с загрязнениями в нижней части слитка необходимо: а) перейти на надставные чугунные утеплители; б) производить тщательную очистку изложниц; в) закрывать изложницы железными листами после смазки и установки утеплителей.

4. Работу по изучению внутренних волосовин и песочин в осевом металле КМЗ необходимо продолжить с целью: а) установления закономерности расположения внутренних волосовин и песочин по высоте слитка и по ходу разливки; б) изучения влияния разливки через промежуточное устройство на образование внутренних волосовин и песочин.

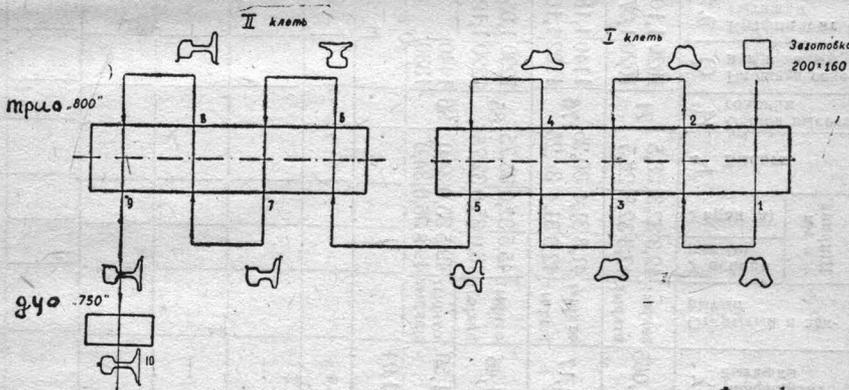
Сравнительный анализ калибровок ж.-д. рельсов типа 1-А Кузнецкого и Днепропетровского металлургических заводов

I. Схема прокатки и характеристики калибровки.

На Кузнецком заводе рельс прокатывается в 10 пропусков. Девять пропусков производится в двух трио-клетях линии «800» и один пропуск в дуо-клетях «750» (см. схему фиг. 1).

остается еще толстым (18 мм) (см. чертеж IV кал). В пятом калибре происходит разрезка шейки и полоса резко разделяется на две части: головку и подошву. В шестом калибре рельс осаживается по высоте, подошва снова разгоняется в ширину и окончательно утоньшаются перья.

Схема прокатки рельс на КМЗ.



Фиг. 1.

Заготовка подается с обжимного реверсивного стана дуо «900» сечением 210×165 мм. Первые четыре калибра готовят вчерне подошву рельса с толстыми и широкими перьями и форму полосы для задачи в разрезающей 5-й калибр. В первых трех калибрах обрабатывается интенсивно средняя часть подошвы, в 4-м она окончательно разгоняется в ширину, но край пера

В остальных калибрах прокатка идет обычным способом (см. таблицу 1). В процессе прокатки производится две кантовки: 1-я кантовка перед задачей в 5-й калибр, 2-я — перед задачей в 6-й калибр.

На Днепропетровском металлургическом заводе рельс прокатывается в 9 пропусков, расположенных в двух дуо-клетях: в 1-й клетки пять пропусков, во 2-й — четыре (см.

Анализ колибровки рельс тип 1-А Кузнецкого металлургического завода им. Сталина.

Таблица 1.

№№ пропусков	Шейка						Головка						Подшва						Ряса, общего сечения профиля					
	Высота в мм Н _ш	Ширина в мм. В _ш	Коефф. обжатия $\frac{1}{\eta}$	Упирение ΔB	Площадь в кв. мм. Q	Коеффициент вытязки λ	Открытый и закрытый	Ширина в мм		Высота h.	Общая высота головки Н _г	Площадь сечения в кв. мм Q	Коеффициент вытязки λ	Открытый и закрытый	Ширина в мм		Высота Птер. Н _{под}	Общая высота подошвы Q	Площадь сечения кв. мм. λ	Коеффициент вытязки λ	Общая площадь поперечного сечения (планметр.) $\lambda_{об}$	Опц. коэффци. вытязки в миллире Q ₀ -Q ₁	Уменьшение площади сечения в мм	Максимальный угол захвата α°
								У основания (в)	У края (а)						У основания (в)	У края (а)								
10	14	142	1,10	5,0	1990	1,065	закрыт открыт	42,3 42,3	32,3 32,8	28,5 28,5	71	1020 1020	1,10 1,07	открыт закрыт	23 23	9,68 9,68	56,39 56,39	126,78	850 850	1,05 1,07	5720	1,07	430	13020 ¹
9	15,5	137	1,19	3,0	2120	1,17	открыт закрыт	41,8 42,0	31,4 31,4	30,25 30,25	76	1140 1102	1,13 1,16	открыт закрыт	23,2 23,5	9,0 10,2	62,25 55,25	133	910 890	1,21 1,10	6150	1,19	1176	180
8	18,5	134	1,51	4,0	2480	1,46	открыт закрыт	45,5 46,0	32,0 35,0	33,75 32,75	85	1290 1220	1,05 1,12	открыт закрыт	24,2 25,0	9,2 11,5	65,75 61,7	146	980 1100	1,23 1,12	7326	1,24	1744	20025 ¹
7	28	130	1,64	4,0	3640	1,59	открыт закрыт	49,5 49,8	35,0 36,0	34,0 34,0	96	1440 1330		открыт закрыт	26,0 27,0	10,0 10,0	84,0 64,0	170	1230 1200		9,70	1,24	220	22040 ¹
6	126	46	1,09	2,0	5800	1,04															11270	1,10	1290	10020 ¹
5	44	137	2,58	30,0	6030																12440	1,38	470	280
4	107	118 сред. н.	1,12	-19,0	-	-															17260	1,25	4273	24040 ¹
3	120	137 средн.	1,08	-15,0	-	-															21533	1,24	5167	26042 ¹
2	130	152 средн.	1,15	-17,0	-	-															26700	1,18	5760	29010 ¹
1	145	169 средн.	1,37	9,0	-	-															31460	1,10	540	28030 ¹
За- го- товка	210	165																			34470			

Анализ калибровки рельс 1-А Днепропетровского завода.

Таблица 2.

№№ пропусков	Шейка						Головка						Подошва						Расч. общ. сеч. по шаблону					
	Высота в мм. Н _ш	Ширина в мм В _ш	Коэф. обжатия по высоте $\frac{1}{\gamma}$	Уширение $\Delta^1 B$	Площадь в кв. мм Q	Коэффициент вытязки λ	Открыт и закрыт	Ширина в мм		Высота Н _г	Общая высота головки Н _г	Площ. попер. сечения в мм ² Q	Коэффициент вытязки λ	Открыт и закрыт	Ширина в мм		Высота Н _{пер.}	Общая высота подошвы Н _{под}	Площ. попер. сеч. мм ² Q	Коэффициент вытязки λ	Общая площадь поперечного сечения (планиметр.)	Общ. коэф. вытязки в калибре $\lambda_{общ.}$	Уменьшение площади по пер. сеч. мм ² Q ₀ -Q ₁	Максимальный α ° угол захвата
								У основания (в)	У края (а)						У основания (в)	У края (а)								
9	14	141,7	1,13	2,3	1980	1,12	закрыт закрыт	42,3 42,3	32,8 32,8	28,5 28,5	71	1020 1020	1,06 1,14	открыт закрыт	23 23	9,65 9,65	56,4 56,4	126,8	850 850	1,08 1,09	5720	1,14	830	17°50'
8	15,8	139,4	1,27	3,9	2220	1,23	открыт закрыт	42,95 42,50	32,5 31	30,85 29,85	71	1170 1070	1,11 1,24	открыт закрыт	23 24,5	9 10,85	63,6 57,1	136,5	930 920	1,20 1,23	6550	1,16	1050	19°34'
7	20,2	135,5	1,48	3,5	2740	1,44	открыт закрыт	46 47	34,5 35	33,61 30,4	84,2	1330 1230	1,06 1,25	открыт закрыт	25,5 27	9,5 10,5	66,4 64,9	151,5	1130 1120	1,20 1,25	7600	1,265	2050	33°20'
6	30	132	1,73	7	3960	1,64	открыт закрыт	53 53	39,5 38,5	33 33	96	1540 1410	1,15 1,15	открыт закрыт	33 34	10 12	77,5 64,5	172	1400 1350	1,32 1,20	9620	1,39	3729	32°
5	52 кантовка	125	2,6	10,5	6500		открыт закрыт	51,8 52,8	37,5 38,5	34 34	120	1630 1770		открыт закрыт	39 40	14 13	77 69	198	1610 1860		13349	1,28	3721	27°50'
4	114,5	135,4 средн.	115	0,4																	17070	1,248	3180	26°10'
3	131	135 средн.	1,13	-1,3																	21250	1,25	5520	24°34'
2	148	136,3 средн.	1,18	-0,9																	26770	1,15	3920	28°
1	175	137,2	1,37	2,2																	30690	1,05	1310	30°40'
За- го- товка	240	135 средн.																			32400			

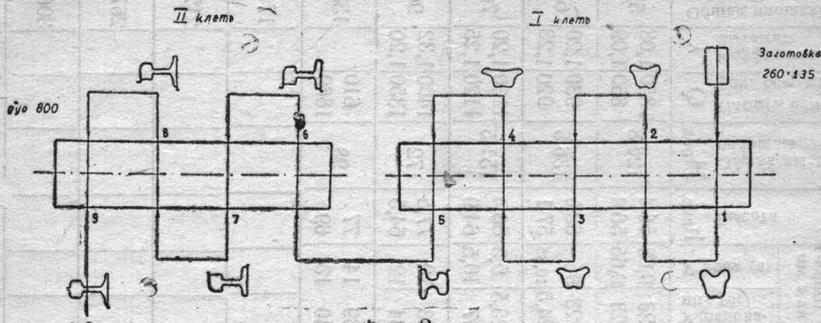
№ 3 Анализ калибровки ж.-д. рельсов типа 1-а Кузнецк. и Днепропетр. металлург. зав. 103

схему фиг. 2). Заготовка подается с обжимного реверсивного дуо-стана сечением 240×135 мм. В первых трех калибрах, как и в калибровке Кузнецкого завода, обрабатывается интенсивно средняя часть подошвы, в 4-м калибре она окончательно

1) Высокая заготовка с отношением высоты к ширине $\frac{H}{B} \cong 2$ с целью получения необходимого обжатия по высоте.

2) Глубокий врез посередине по-

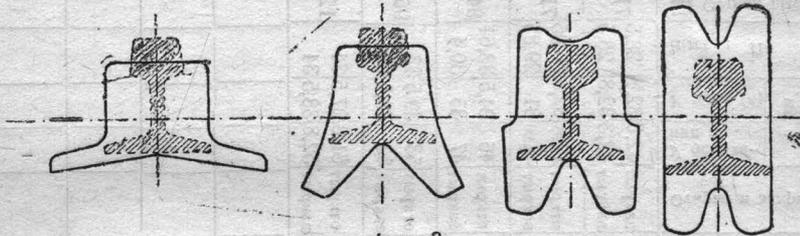
Схема прокатки рельс на ДМЗ.



Фиг. 2.

подготавливается по ширине и по толщине перьев. В пятом калибре происходит разрезка шейки. Далее прокатка идет обычным способом. Ребрового разгонного калибра в этой калибровке нет. Подошва

дошвы и головки в первых калибрах, который производится с целью разрушения литой дендритной структуры в этих частях профиля (см. фиг. 3).



фиг. 3

окончательно подготавливается в 4-м калибре. В процессе прокатки производится одна кантовка перед задачей в 5-й калибр (табл. 2).

II. Особенности калибровки по методу Бартшера.

Калибровка рельса, произведенная по методу Бартшера (1) имеет характерные особенности, отличные от обычных методов калибровки. Главными особенностями ее являются:

III. Анализ калибровок рельс Кузнецкого и Днепропетровского металлургических заводов.

Проведенные нами анализы калибровок рельса 1-А двух заводов Кузнецкого и Днепропетровского показывают, что между ними есть довольно существенная разница, особенно в конструкции черновых подготовительных калибров. Калибровка Кузнецкого завода (фиг. 8) представляет комбинацию «амери-

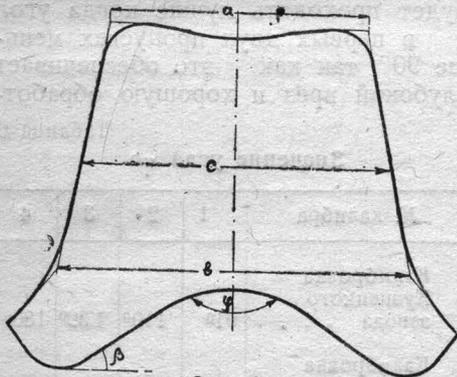
На стр. 105, 1-я колонка, 2-я и 5-я строки сверху, напечатано: «Бертшера» следует читать: «Бартшера».

Там же, последнюю строку в колонке, следует читать:

$\Delta C = -0,4$ мм (см. табл. 3).

канской» калибровки и калибровки типа Бертшера. Калибровка Днепропетровского завода, присланная нам для анализа, выполнена по методу Бертшера (фиг. 9).

Заготовка в обеих калибровках отличается соотношением высоты к ширине. Заготовка в калибровке ХИМ'а и Днепропетровского завода стоит ближе к заготовке Бартшера, чем заготовка Кузнецкого завода. В калибровке ХИМ'а и Днепропетровского завода $\frac{H}{B} = 1,78$ в калибровке КМЗ $\frac{H}{B} = 1,27$. Первые четыре калибра, в обеих калибровках, готовят профиль полосы по ширине подошвы и по толщине перьев для задачи в разрезающий (5-й) калибр. Черновые калибры в калибровке КМЗ имеют трапециевидальную форму с сильным уменьшением средней линии (С) трапеции от 1-го к 4-му калибру (см. фиг. 4).



Фиг. 4.

Вследствие этого в первых четырех калибрах происходит значительное боковое давление (защемление)

В калибровке же Днепропетровского завода в трапециевидальной части первых четырех калибров происходит очень незначительное, боковое давление, а в четвертом калибре есть даже небольшой зазор $\nabla C = -$ мм (см. таблицу 3).

Таблица 3.
Боковое обжатие (ΔC) по средней линии в трапециевидальной части в черновых калибрах (мм).

Наименование калибровки рельса типа 1-а	К а л и б р ы				Примечание
	1	2	3	4	
Калибровка Кузнецкого завода (ΔC) в мм . . .	-9	16,5	15,6	18	Знак (-) означает зазор
Калибровка Днепропетровского завода (ΔC) в мм.	-2,2	0,9	1,3	-0,4	

Анализ бокового обжатия меньшей грани (а) (см. фиг. 4) в трапециевидальной части черновых калибров показывает, что более сильное защемление полосы происходит в калибровке Кузнецкого завода (см. таблицу 4).

Таблица 4.
Боковое обжатие (Δa) меньшей грани в трапециевидальной части в черновых подготовительных калибрах (мм) КМЗ и ДМЗ.

Наименование калибровки	К а л и б р ы				Примечание
	1	2	3	4	
Калибровка Кузнецкого завода	19	18	16	14	Знак (-) означает зазор
Калибровка Днепропетровского завода	3	1	0	-1	

Вследствие такой деформации, часть полосы, которая идет на образование головки рельса, недостаточно обрабатывается прямым обжатием катающей поверхностью верхней грани калибров. Боковая же поверхность рельса подвергается сильной обработке во всех калибрах за исключением 6-го: в первых четырех калибрах обрабатывается за счет бокового обжатия (давления) в трапециевидальной части, а в оста-

ных за счет прямого обжатия ка- тающей поверхностью вала.

В калибровке Днепропетровского завода, вследствие незначительного

фиг. 4). В калибровке Кузнецкого завода угол φ° имеет меньшие значения, чем в калибровке Днепропетровского завода. В старой ка-

Таблица 5

Обжатие полосы по высоте в подготовительных калибрах (в средней части полосы)

Наименование калибра рельса 1-А	Заготовка	К а л и б р ы								Общее обжатие в мм $\Sigma\Delta h$	Общий коэфф. обжатия $\frac{1}{\eta}$
		1-й		2-й		3-й		4-й			
		Обжатие в мм	Коэффициент обжатия	Обжатие в мм	Коэффициент обжатия	Обжатие в мм	Коэффициент обжатия	Обжатие в мм	Коэффициент обжатия		
Калибровка Кузнецкого завода	210x165	55	1,38	15	1,11	10	1,03	13	1,12	93	1,90
Калибровка Днепропетровского завода . . .	240x135	65	1,37	25,5	1,17	20,5	1,16	14,5	1,12	125,5	2,10

бокового обжатия по средней линии в трапецидальной части первых 4-х калибров, верхняя поверхность головки должна получить лучшую обработку.

Наряду с боковым обжатием отличается обжатие полосы и по высоте в первых четырех калибрах. В калибровке Кузнецкого завода суммарное обжатие за четыре пропуска равно $\Sigma\Delta h = 93$ мм при общем коэффициенте обжатия $\frac{1}{\eta} = 1,90$. В калибровке Днепропетровского завода суммарное обжатие $\Sigma\Delta h = 125,5$ мм, при общем коэффициенте обжатия $\frac{1}{\eta} = 2,10$ (см. табл. 5). Таким образом в калибровке КМЗ при значительном боковом обжатии в трапецидальной части, обжатие по высоте гораздо меньше, чем в калибровке ДМЗ, что ухудшает обработку поверхности головки. Гребень вала, разрезающий подошву в обеих калибровках отличается некоторыми размерами и углом φ° (см.

либровке Кузнецкого завода, существовавшей до 1938 г., этого разреза не было. Обработка подошвы будет проходить лучше когда угол φ в первых двух пропусках меньше 90° , так как это обеспечивает глубокий врез и хорошую обработ-

Таблица 6.

Значение угла φ°

№ калибра	1	2	3	4
Калибровка Кузнецкого завода	91°	110°	139°	180°
Калибровка Днепропетровского завода	82°	90°	107°	180°

ку подошвы. В следующих пропусках угол φ увеличивается до 180° , во избежание образования складок по середине подошвы, изменение угла должно быть плавное. В калибровке Кузнецкого завода значение угла φ выдержано только в 1-м калибре. Угол β наклона по-

верхности гребня к линии прокатки будет соответственно равен,

$$\beta = 90 - \frac{\varphi}{2}$$

Для обеспечения условий скольжения перьев подошвы в поперечном направлении необходимо иметь условие: $f < \operatorname{tg} \beta$, где f коэффициент трения горячего металла о поверхность вала. Коэффициент трения зависит от условий прокатки — от чистоты катающей поверхности в калибре, от температуры металла. При коэффициенте $f=0,6$ угол $\beta=31^\circ$, при $f=0,7$ $\beta=35^\circ$, что соответствует коэффициенту трения горячего металла при температуре $1000-1100^\circ$, учитывая появляющуюся после непродолжительной прокатки шероховатость на катающей поверхности калибра.

Таблица 7,
Значение угла β

№ калибра	1	2	3	4
Калибровка Кузнецкого завода	45°30'	35°	20°30'	0°
Калибровка Днепропетровского завода	49°	45°	33°40'	0°

Как видно из таблицы 7, значение угла β в калибровке Кузнецкого завода в меньшей степени удовлетворяет условия скольжения перьев в поперечном направлении, чем в калибровке Днепропетровского завода, где угол β имеет большие значения, что не может не сказаться на улучшении качества обработки подошвы.

Захват полосы катающей поверхностью гребня в 1-м, 2-м и 3-м калибрах в калибровке Кузнецкого завода несколько отличается от калибровки Днепропетровского завода.

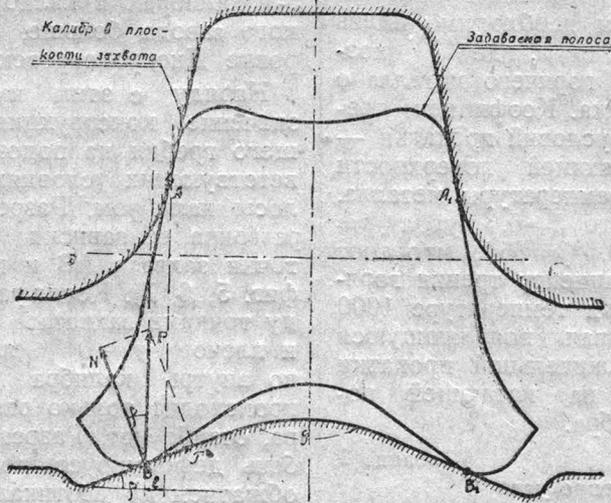
В калибровке Кузнецкого завода разрезающий гребень производит меньшую обработку средней части подошвы, чем в калибровке Днепропетровского завода, так как разница между углами φ в 1-м, 2-м и 3-м калибрах в калибровке Кузнецкого завода больше, чем в калибровке Днепропетровского завода.

Наряду с этим имеет большое значение конструкция разрезающего гребня на подошве при соответствующих условиях захвата полосы калибром. Разрез подошвы и разгонка ее зависит от положения точки захвата АВ и плеча l (см. фиг. 5, 6, 7). Когда расстояние между точками захвата $AA_1 \geq BB_1$ и плечо $l=0$ или направлено во внутрь калибра от точки (А), происходит только разрезка калибра, отгиба нет. Разрезающий гребень деформирует полосу прямым обжатием по вертикали. При этом угол φ берется допустимо меньшей величины, а угол β — большей величины. Слагающая сила T в этом случае будет иметь большее значение, следовательно, скольжение металла по поверхности разрезающего гребня будет обеспечено. Когда расстояние между точками захвата $AA_1 = BB_1$ и плечо $l > 0$ и направлено наружу от точки А, происходит преимущественно отгиб перьев подошвы и обработка их поверхностью калибра. При этом угол φ берется большего значения (увеличивается), а угол β уменьшается. В этом случае слагающая T будет уменьшаться и может произойти смятие пера подошвы, нормальная слагающая N будет отгибать перо. Совместное действие обеих слагающих обеспечивает расширение подошвы (разгонку).

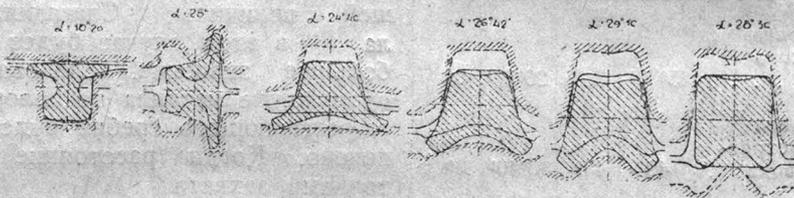
В первом и во втором калибрах в обеих калибровках происходит толь-

ко разрез подошвы. Первые калибры в обеих калибровках обеспечивают необходимый разрез подошвы. Во 2-м калибре в калибровке КМЗ угол β имеет предельное значение, дальнейшее уменьшение его мо-

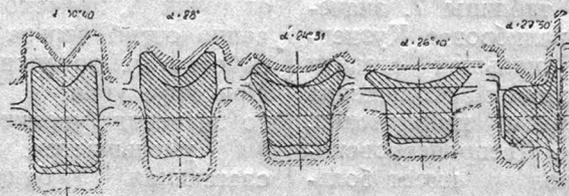
ровках начинается отгиб перьев подошвы, причем в калибровке КМЗ перья отгибаются на $14^\circ 30'$, в калибровке ДМЗ — на $11^\circ 20'$. Оба калибра обрабатывают полосу одинаково, за исключением трапеци-



Фиг. 5.



Фиг. 6.



Фиг. 7.

жет привести к смятию перьев подошвы. Второй калибр в калибровке ДМЗ имеет большое значение угла β следовательно разрез обеспечивается лучше.

В третьем калибре в обеих калиб-

ровой части, которая в калибровке КМЗ сильно сжимается боковым обжатием (см. фиг. 6 и 7 — захват полосы в 3-м калибре).

В четвертом калибре в обеих калибровках перья подошвы пол-

ностью отгибаются β — O и разгоняются в ширину. В калибровке КМЗ перья не получают окончательной обработки они утоньшаются еще дополнительно в 6-м калибре. В калибровке ДМЗ перья получают окончательную обработку как по толщине, так и по ширине. Отгиб перьев в 4-м калибре в обеих калибровках обеспечен (см. фиг. 6 и 7—захват полосы в 4-м калибре).

Пятый калибр в обеих калибровках производит разрезку шейки. Эти калибры имеют принципиальные отличия один от другого. Формоизменение полосы в этих калибрах происходит неодинаково.

Пятый калибр в калибровке Кузнецкого завода имеет «тупой» разрезающий гребень с радиусом закругления $R=28$ мм. Подошва поступающей заготовки из 4-го калибра, получает большое обжатие по высоте $\Delta h = 260 - 170 = 90$ мм. Такое обжатие создает условие для образования складок и морщинок в средней части подошвы, которая в этом калибре не обрабатывается боковыми стенками калибра. Верхняя часть головки рельса совсем не имеет обжатия по высоте и не обрабатывается боковыми стенками калибра. Наряду с этим полоса в этом калибре получает сильное вынужденное уширение в сторону головки $\Delta B = 137 - 107 = 30$ мм.

Такое распределение деформации не улучшает обработку поверхности головки и подошвы, а наоборот, может способствовать вскрытию дефектов, особенно на поверхности головки (см. фиг. 6 и 7—захват полосы в 5-м калибре).

Пятый калибр в калибровке Днепропетровского завода представляет калибр закрытого типа, с острым разрезающим гребнем. Разрезающий гребень ограничен двумя дугами с радиусом $R=75$ мм, образующими острую вершину, кото-

рая, несомненно, будет наносить на полосу продольную бороздку, особенно у нового валка. В остальном калибр такого типа будет обеспечивать лучшие условия обработки полосы. В этом калибре, наряду с разделением полосы на головку и подошву рельса, происходит одновременно обработка поверхности головки и подошвы, путем стеснения уширения шейки. Зазор, оставленный для уширения задаваемой полосы из 4-калибра незначителен.

$$\Delta B = 125 - 114,5 = 10,5 \text{ мм.}$$

Величина свободного уширения, которое получается от интенсивного обжатия шейки, гораздо больше, чем этот зазор. Максимальное обжатие в шейке равно

$$\Delta h_{\text{ш}} = 135 - 52 = 83 \text{ мм.}$$

В этом калибре, как имеющем неравномерное обжатие, получается дополнительное вынужденное уширение. Поэтому свободное уширение шейки будет приблизительно иметь величину.

$$\Delta B_{\text{ш}} = 0,3 \Delta h_{\text{ш}} = 0,3 \cdot 83 = 29 \text{ мм}$$

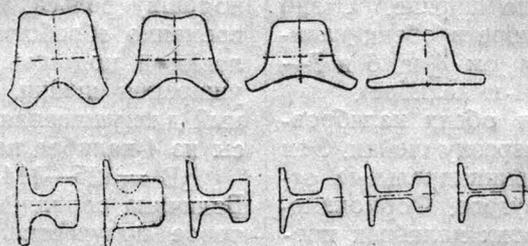
Это на 18,5 мм больше величины зазора. Следовательно, от уширения полосы, металл головки и подошвы будет сжат боковыми поверхностями калибра. Это создает дополнительную деформацию в головке и подошве, что должно привести к улучшению качества поверхности их.

К недостатку калибра следует отнести большой износ его по сравнению с износом аналогичного калибра КМЗ.

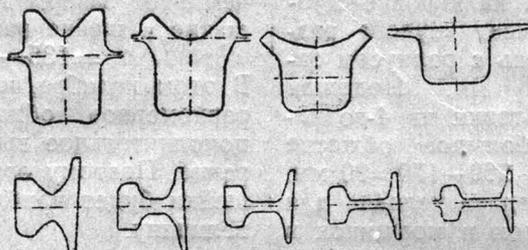
Шестые калибры в обеих калибровках также имеют принципиальное отличие (см. фиг. 8 и 9). В калибровке Кузнецкого завода этот калибр представляет собою типичный ребровой разгонный калибр, который обжимает перья подошвы по толщине, разгоняет подошву в ширину и осаживает рельс на высоте. Калибр дает низкую производительность по

вытяжке $\lambda = 1,13$ (см. таблицу 8). В калибровке ДМЗ нет ребрового калибра. В этой калибровке, начиная с пятого разрезающего калибра перья подошвы и головка обрабатываются боковым обжатием (давлением) (фиг. 8 и 9).

калибровку для улучшения обработки подошвы. В старой калибровке условия деформации как по боковому обжатию, так и по обжатию по высоте (см. таблицу 8), были менее благоприятны, разреза подошвы совсем не было.



Фиг. 8.



Фиг. 9.

Рассматривая обработку полосы в черновых подготовительных калибрах с точки зрения влияния разреза подошвы и обжатия, бокового и по высоте, на качество металла в рельсе, необходимо сделать следующие замечания:

1. Стремление, которое отражено в обеих калибровках (увеличение высоты заготовки и уменьшение ширины, обработка подошвы в черновых калибрах путем разреза), совершенно правильно. Как показывает опыт работы Кузнецкого завода, изменение калибровки в указанном направлении улучшает качество рельса. Прокатка рельса по старой калибровке, существовавшей до 1938 г., давала высокий % брака рельсов по наружным дефектам на подошве и головке (мелкие трещины, волосины). Это заставило цех изменить

Таблица 8

Деформация полосы в калибрах старой калибровки КМЗ („американская“) существовавшей до 1938 г.

Калибры	Боковое обжатие ΔC полосы по средней линии в трапецевидальной части	Боковое обжатие ΔA меньшей грани в трапецевидальной части калибра	Обжатие полосы по высоте			Примечание
			$\frac{\Delta h}{H_0 - h}$	$\frac{H_0}{H}$	$\frac{H}{h}$	
1	—9	38	21	1,13	3 заготовка 185x125	
2	23	19	23	1,17		
3	19	17	16,5	1,13		
4	20	21	11,5	1,10		

Исследование рельсов, прокатанных по старой и по новой калибровке, показало, что изменение калибровки улучшило качество рельсов, как по наружным дефектам, так и по качеству металла в подошве (2). Результаты испытания рельсов по-

швейцарской пробе (изгиб подошвы) показывают также улучшение качества металла подошвы в рельсах, прокатанных по новой калибровке. (см. таблицу 9).

Таблица 9.

Результаты испытаний рельсов по швейцарской пробе (изгиб подошвы) по данным инспектора НКПС. (количество плавков)

За какое время	Результ. испытания по плавкам		
	У дола. плавков	Неудов. плавков	% неуд. от общ. кол-ва.
Старая калибровка			
Апрель 1938 г.	283	60	20,3
Июнь „	264	71	21,2
Новая калибровка			
Январь 1939 г.	309	28	8,3
Февраль „	226	22	8,9
Октябрь „	168	43	20,2
Ноябрь „	178	27	13,1
Декабрь „	183	22	10,7

2. Новая калибровка Кузнецкого завода, введенная со второй половины 1938 года, хотя и отличается от старой (изменены размеры заготовки со 185×185 до 200×160, производится разрезка подошвы в черновых калибрах), но она полностью еще не отражает характерные особенности калибровки Бартшерера. Поэтому весьма своевременно поставить сейчас вопрос о пересмотре калибровки с целью внесения дальнейших изменений.

3) Следует отметить нерациональную работу 4-го, 5-го и 6-го калибров в калибровке Кузнецкого завода. В четвертом калибре подошва сильно разгоняется в ширину (до 260 мм), в пятом она осаживается до 170, в шестом снова разгоняется до 190 мм. Такой процесс деформации совершенно не обязателен для получения профиля рельса. Ширина подошвы в 4-м калибре вполне до-

статочна для получения необходимой высоты ее (126 мм) в чистовом калибре, поэтому дополнительная разгонка в 6-м калибре совсем не нужна. Прямое обжатие толщины подошвы, которое производится в 6-м калибре можно с успехом заменить боковым обжатием, используя для этой цели метод деформации в «открытых» фланцах балочных калибров и частично передать это обжатие 4-му калибру. Малопроизводительный шестой калибр можно с успехом заменить более производительным — вторым разрезающим калибром.

IV. Заключение.

1. Более высокая заготовка (Но=240, Во=135), принятая в калибровке ХИМ'а и Днепропетровского завода, обеспечивает лучшую обработку подошвы, чем в калибровке Кузнецкого завода.

2. Разрез и отгиб подошвы в 1-м, 2-м, 3-м и 4-м черновых калибрах калибровки ХИМ'а и Днепропетровского завода производится более рационально, так как обеспечивает глубокий врез и лучший отгиб перьев подошвы.

3. Чрезмерное боковое сжатие головки в трапециевидной части черновых калибров в калибровке КМЗ ухудшает обработку поверхности головки.

4. Разрезающий калибр (5-й) в калибровке Днепропетровского завода гораздо рациональнее аналогичного калибра Кузнецкого завода, т. к. обеспечивает лучшую обработку поверхности головки и подошвы благодаря стесненному уширению. Осадка подошвы по высоте производится нормально и устраняется образованием складок и морщин в середине подошвы.

V. Предложение по изменению калибровки Кузнецкого завода.

1. Пересмотреть существующую калибровку с целью внесения коррективов в черновые калибры, приблизив их к калибрам, предложенным Бартшерером.
2. Разрезающие гребни в 1-м и 2-м калибрах сделать более острыми и глубокими.
3. Сделать разрезы головки в черновых калибрах, с целью улучшения ее обработки.
4. Применить более высокую за-

готовку для улучшения обработки поверхности головки и подошвы.

5. Уменьшить боковое обжатие в трапецеидальной части черновых калибров.
6. Конструкцию пятого разрезающего калибра разработать по типу калибра из калибровки ХИМ'а и Днепропетровского завода со стесненным уширением.
7. Шестой разгоночный калибр заменить разрезающим и распределить вытяжки между 5-м и 6-м калибрами.

IV. Заключение

В процессе работы над проектом были рассмотрены различные варианты калибровки, предложенные Бартшерером, ХИМ'ом и Днепропетровским заводом. Анализ показал, что предложенная калибровка Кузнецкого завода имеет ряд преимуществ перед другими вариантами. В частности, она обеспечивает более высокую точность обработки и меньшее обжатие металла. Кроме того, конструкция калибров проста и удобна для изготовления и эксплуатации.

В результате проведенных исследований и расчетов было установлено, что предложенная калибровка удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к ней. Она обеспечивает получение деталей с заданными размерами и качеством поверхности. Кроме того, она позволяет снизить затраты на производство и повысить производительность труда.

Таким образом, можно сделать вывод, что предложенная калибровка является оптимальной и может быть рекомендована для применения на Кузнецком заводе.

В процессе работы над проектом были рассмотрены различные варианты калибровки, предложенные Бартшерером, ХИМ'ом и Днепропетровским заводом. Анализ показал, что предложенная калибровка Кузнецкого завода имеет ряд преимуществ перед другими вариантами. В частности, она обеспечивает более высокую точность обработки и меньшее обжатие металла. Кроме того, конструкция калибров проста и удобна для изготовления и эксплуатации.

В результате проведенных исследований и расчетов было установлено, что предложенная калибровка удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к ней. Она обеспечивает получение деталей с заданными размерами и качеством поверхности. Кроме того, она позволяет снизить затраты на производство и повысить производительность труда.

Таким образом, можно сделать вывод, что предложенная калибровка является оптимальной и может быть рекомендована для применения на Кузнецком заводе.

Технологический процесс прокатки и качество готовой продукции

На протяжении почти восьмилетней работы цехи Кузнецкого металлургического завода, повышая из года в год свою производительность, достигли значительных результатов. За указанный период прокатные цехи, наряду с прокаткой профилей из обычных углеродистых сталей, освоили и прокатывают целый ряд новых профилей из качественных сталей. Продукция прокатных цехов КМЗ нашла широкое применение во всех отраслях народного хозяйства. Железнодорожный и водный транспорт, строительство величайшего сооружения наших дней Дворца Советов, а также многочисленные строительства новых промышленных предприятий, являются потребителями рельс, балок круглой и квадратной заготовок, уголков и других профилей, прокатываемых в цехах КМЗ. Столь широкое применение продукции прокатных цехов в ответственных сооружениях и строительствах ставит перед прокатными цехами основную задачу — дать стране требуемый материал высокого качества.

Общеизвестно, что качество готовой продукции прокатных цехов находится в прямой зависимости от

получения качественного мартеновского слитка и от технически грамотно разработанного технологического процесса последующей обработки его. Невыполнение одного из указанных условий не только снижает качество продукции, но в значительной степени увеличивает расход металла, повышает себестоимость продукции, а также срывает выполнение ответственных государственных заказов.

Повседневные наблюдения за металлом и его прокаткой, данные о выходе первых сортов проката, говорят о том, что как мартеновские, так и прокатные цехи еще далеки от выполнения этих условий. Большой удельный вес в переловных цехах брака и вторых сортов, массовая вырубка дефектов на складах заготовок и готовой продукции говорят о том, что качество мартеновского слитка неудовлетворительно, что он не отвечает тем требованиям, которые предъявляются к качественному металлу. Рванина, продольные и поперечные трещины, плена и ряд других поверхностных дефектов являются обычными спутниками мартеновского слитка. Это в равной степени относится как к обычным угле-

родистым, так и к качественным сталям. При прокатке крупных двутавровых балок нередки случаи, когда отдельные плавки дают 100% брака. Металл начинает рваться при прокатке на бочке после 3—4 пропусков.

Склады среднесортного и листопрокатного цехов забиваются явно недоброкачественным металлом, в то время как рельсобалочный цех каждые сутки простаивает десятки часов из-за отсутствия нужного металла.

С 27 августа по 8 сентября текущего года, т. е. за 12 рабочих суток рельсобалочный цех прокатал балки 55 только 76,5% от того количества, которое он мог прокатать по своей производственной мощности. Кроме того, из прокатанного количества балок только 75% оказалось первого сорта, остальные 25% пошли во второй сорт и брак по расслою, рванине и другим дефектам непрокатного происхождения. Из 14 штук горячих рельсовых блюмсов, снятых в ямы по производственным условиям, 9 штук были забракованы после их осмотра в холодном состоянии по трещинам, пленам и рванине.

Рельсобалочный цех ведет прокатку всех профилей с горячего сада. Блюмсы, поступающие с блюминга, имеют температуру 900—1000°. Поэтому вполне понятно, что осуществить тщательный осмотр поверхности поступающих блюмсов очень трудно. Отбраковываются только те из них, дефекты на которых легко обнаруживать при беглом

их осмотре. Следовательно, в производство ответственных профилей поступает самый разнообразный по своему качеству металл.

В процессе вторичного нагрева и дальнейшей обработки металла, незначительные поверхностные дефекты, имеющиеся на блюмсах, вырабатываются, остаются невыработанными только крупные дефекты.

Однако, сказанное относится, главным образом, к фасонным профилям (балкам, рельсам и др.). Что же касается таких профилей, как круг и квадрат, то поверхностные дефекты на них остаются почти без изменения. Особенно это сказывается при прокатке перечисленных профилей не в ромбических, а в обычных ящичных калибрах, что подтверждается при окончательной обработке круглой и квадратной заготовок в цехе вырубки.

Будет совершенно неправильным низкое качество готовой продукции объяснять исключительно неудовлетворительным качеством мартеновского слитка. Нужно полагать, что при соответствующей обработке мартеновского металла качество продукции прокатных цехов может быть значительно повышено. В этом отношении первоначальная обработка мартеновского слитка имеет решающее значение.

В задачу блюминга должна входить не только прокатка всего поступающего из мартеновских цехов металла, но и снабжение качественной заготовкой передельных прокатных цехов.

Основными факторами, влияющими не только на производитель-

ность блюминга, но и определяющими качество выпускаемой им продукции, необходимо считать, во-первых, правильное ведение режима нагрева металла в нагревательных устройствах и, во-вторых, рациональный выбор режима прокатки слитка. Неравномерный нагрев металла, прокатка слитка с заниженной температурой, оплавление, слишком большое или недостаточное количество пропусков, прокатка с очень большими или, наоборот, малыми обжатиями, число кантовок и их порядок, все это в конечном итоге влияет как на производительность обжимного цеха, так и на качественную характеристику его работы. Это значит, что все операции, имеющие место в процессе обработки мартеновского слитка в обжимном цехе, должны быть строго регламентированы и оговорены определенными инструкциями, графиками и таблицами, иначе не может мыслиться технически грамотная работа в таком современном и высокопроизводительном цехе, каковым является обжимный цех КМЗ. В действительности это далеко не так. Если в результате повседневного изучения вопросов нагрева слитков цехом достигнуты значительные результаты, то режиму прокатки как на стане «1100», так и на стане «900» до самого последнего времени совершенно не уделялось никакого внимания.

Каждый вальцовщик, в связи с отсутствием официальных таблиц режима прокатки, сообразуясь с условиями нагрева и наличием металла, сам создавал для себя схему прокатки. Таким образом, одна из ответственных операций в обработке слитка была передана це-

ликом на усмотрение вальцовщика. Неконтролируемый и предоставленный самому себе, вальцовщик, в погоне за количеством, сознательно или бессознательно допускал брак в своей работе. Получающиеся заезины на металле, в результате неправильной его прокатки, закатывались в последующих пропусках, несколько не тревожа вальцовщика.

На основании данных наблюдений за прокаткой рельсового и конструкционного металла различными вальцовщиками, составлена таблица № 1 существующего фактически режима прокатки слитка на сечение 300×330 мм, т. е. основного профиля, прокатываемого блюмингом. Цифры таблицы 1 являются среднеарифметическими.

Таблица 1.

№№ пропусков	Название калибров	Размеры калибров	Кантовка	Показ. ца-фрבלата	Сечение мм.		Обжатие
					Н	В	
0					675	675	—
1	Бочка	135×950	К	490	625	680	50
2	"	"		440	575	690	50
3	"	"	К	490	625	588	65
4	"	"		430	565	600	60
5	"	"	К	390	525	608	40
6	"	"		340	475	618	50
7	"	"	К	300	435	620	40
8	"	"		260	395	634	40
9	1 калибр	200×420	К	370	570	408	64
10	"	"		310	510	420	60
11	"	"	К	250	450	432	60
12	"	"		200	400	442	50
13	"	"	К	150	350	418	92
14	"	"		90	300	428	50
15	2 калибр	175×305	К	130	305	325	123

Анализируя приведенные в таблице 1 данные, необходимо отметить следующее:

1. Число кантовок (четыре) занижено. Порядок кантования слитка

через 2, 6, 4 и 2 пропуска не может быть признан правильным.

Прокатка слитка без предварительной кантовки в течение шести пропусков в начальной стадии его обработки может способствовать, в связи с наличием свободного уширения и отсутствием всесторонней обработки, только ухудшению качества проката. При прокатке как твердых, так и мягких сталей необходимо рекомендовать кантовку слитка после каждых двух пропусков. Такой порядок кантования обеспечивает не только равномерную всестороннюю обработку слитка, но также исключает возможность образования поперечных трещин и разрывов на его углах и гранях.

В силу производственных условий, иногда невозможно осуществить такой порядок в процессе всей прокатки слитка; в таком случае кантовка через каждые два пропуска обязательна хотя бы в первый период прокатки.

2. Режим обжатий по пропускам построен нерационально. Совершенно недопустимо такое положение, когда в одних пропусках обжатие не превышает 40—50 мм, в других же достигает 90—123 мм. Вредность такого распределения обжатий становится очевидной, если учесть следующий момент. Прокатываемый слиток после 8-го пропуска кантуется и передается в 1-й калибр. Размеры слитка перед задачей в 1-й калибр, как видно из таблицы 1, будут: ширина 395 мм, и высота 634 мм. Ширина 1-го калибра, измеренная между внутренними радиусами, 420 мм. Суммарное обжатие за четыре пропуска в

1-м калибре $634 - 400 = 234$ мм. При фактическом уширении в 20% от обжатия, ширина прокатываемого слитка после 12-го пропуска будет $397 + 0,2 \times 234 = 442$ мм. Таким образом, 1-й калибр, несмотря на частичную компенсацию за счет выпусков, будет перевыполнен. В результате — неизбежное получение зарезин на металле и образование заката на блюсах. Как видно из таблицы, существует такое же положение и во 2-м калибре последнего пропуска, где за счет перепополнения металлом калибра, ширина прокатываемого блюса достигает 330 мм, тогда как ширина самого калибра только 305 мм. Ничем не оправдывается обжатие в 123 мм в последнем пропуске. Оно может быть без особых затруднений значительно уменьшено. Перевыполнение 1-го и 2-го калибров, а также большое обжатие в последнем пропуске, есть результат существующего среди некоторых вальцовщиков мнения о том, что во избежание свертывания прокатываемой полосы в калибре нельзя производить задачу относительно узкой полосы в более широкий калибр, для чего прокатываемый слиток после 8-го и 12-го пропусков должен иметь увеличенный размер по высоте, т. е. на бочке, и в 1-м калибре должны даваться заниженные обжатия. Такое мнение о свертывании не только не обосновано, но повседневно опровергается самими же вальцовщиками и при прокатке сляб. Существование его может быть объяснено только отсутствием технологической дисциплины и непониманием последствий такой работы на качество готового проката.

грева не требуют кантовки перед 1-м калибром. В этом случае невозможно избежать указанных ударов, так как нижняя сторона блюмсов (более холодная) остается неизменной. Кантовка же перед 1-м калибром создает большие (90 — 95 мм) обжатия в 3 и 4 пропусках. Личные наблюдения за прокаткой нормального нагрета блюмса 330×300 на стане «900» не подтверждают высказываемого опасения.

Отсутствие кантовки перед 1-м калибром прежде всего уменьшает период прокатки на стане «900», но потребует большего внимания со стороны старшего сварщика и вальцовщика к своим обязанностям.

Выше было отмечено, что недостатки в существующей технологии прокатки слитка характерны также и для стана «900» обжимного цеха. Режим прокатки на данном стане осложняется еще и тем обстоятельством, что поступающий металл имеет значительное колебание в температуре начала прокатки. Прокатка блюмсов с пониженной температурой — частое явление на стане «900», поэтому при прокатке одного и того же сечения можно наблюдать самые разнообразные варианты режима. Бесспорно, что такое положение является результатом неправильной организации в снабжении стана металлом. Бесспорно также и то, что прокатка блюмсов и сляб при низкой температуре, помимо повышенного расхода энергии и преждевременной выработки калибров, вредно влияет на качество продукции.

Итак, металл мартеновского слитка в процессе своей первичной обработки в обжимном цехе приобретает определенные качества, которые в основном определяют выход первых сортов.

Дальнейший технологический процесс обработки блюмсов в рельсобалочном и среднесортном цехах значительно улучшает качество металла за счет изменения структуры последнего и частичного уничтожения поверхностных дефектов. Применение своеобразной деформации металла в черновых калибрах при прокатке ж. д. рельс в рельсобалочном цехе способствовало почти полному удалению трещин и волосовин на подошве рельс. Последнее обстоятельство подтверждает исключительную роль формы калибров в вопросе улучшения поверхности готовой продукции. Прокатка квадратной и круглой заготовок в среднесортном цехе, в обычных ящичных калибрах, применение осадочного калибра при прокатке рельс, применение разрезных калибров открытой формы при прокатке рельс и балок в рельсобалочном цехе, является прямым доказательством того, что влиянию формы калибра на качество продукции, как в рельсобалочном, так и в среднесортном цехах не уделяется достаточного внимания.

В заключение необходимо отметить, что в общем технологическом процессе получения готового профиля, наряду с нагревом и калибровкой, на качество его в значительной степени влияет качество прокатных валков и арматура. Качественные прокатные валки, хорошо собранная и отделанная арматура — неоспоримый фактор, обеспечивающий высокую производительность цеха и качество продукции. Неравномерная и быстрая выработка калибров, неровная грубая поверхность линеек и проводок являются источниками образования самого разнообразного вида брака на профиле.

Влияние горячей правки на качество рельс

КМЗ, являясь основным поставщиком рельс для железных дорог СССР, получает значительное количество рекламаций на рельсы, снятые с пути по тем или иным дефектам. Не касаясь причин появления всех дефектов, остановимся лишь на дефекте — «пятно усталости». Занимая, сравнительно незначительное место среди прочих видов дефектов, этот вид брака является опасным, так как совершенно не поддается своевременному обнаружению и вызывает неожиданный излом рельса. Отсюда понятен интерес, проявляемый всеми исследователями к этому виду дефекта рельса, причинам его появления и борьбе с ним.

Причинами «пятна усталости», как показали многочисленные наблюдения, могут быть: 1) наличие флокенов, 2) наличие в плавке микротрещин, образующихся как в процессе производства, так и в эксплуатации.

Изучение образцов рельс, снятых с пути опытного участка КМЗ, по «пятну усталости» показало отсутствие в них флокенов, но продольный разрез головки по пятну после глубокого травления дает ряд трещин, ориентированных поперек головки. Испытание закалкой на флокеночувствительность дало отрицательные результаты, следовательно в данном случае мы имеем дело с пороком, природа которого кроется не в склонности металла к флокенообразованию и не в состоянии пути

(бывшего и до момента излома в хорошем состоянии), а, очевидно, в одном из этапов производства в прокатных цехах. Такими этапами могут быть горячие стеллажи для охлаждения рельс, роликовая машина для правки рельс и прессы для их доправки.

Совершенно очевидно, что в результате неравномерного охлаждения отдельных частей рельса (головка, шейка и подошва), в итоге будет получен более или менее сильно искривленный рельс в сторону головки со стрелой прогиба, достигающей до 350 мм. Проходя в дальнейшем холодную правку в роликоправильной машине и доправку на прессах, рельс, естественно, испытывая сильное растягивающее усилие в головке, дает внутренние микротрещины. Отсюда вполне естественна мысль о способах уменьшения стрелы изгиба рельс после охлаждения. Одним из таких способов является пуск в эксплуатацию имеющейся в рельсопрокатном цехе КМЗ машины горячегогиба рельс. Основное назначение роликовой гибочной машины заключается в изгибании рельс перед выходом на горячие стеллажи с таким расчетом, чтобы они после остывания приняли очертания, близкие к прямому рельсу.

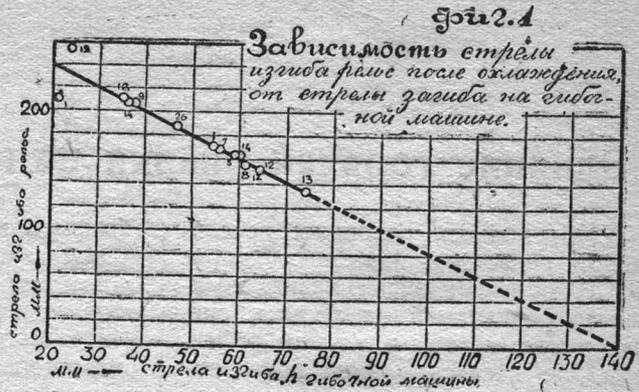
Так как предоставленный самому себе рельс после охлаждения, вследствие неравномерности остывания отдельных частей профиля, всегда

изгибается, причем головка его становится вогнутой, а подошва выпуклой, то гибочная машина должна поступающий рельс изогнуть в противоположную сторону, т. е. подошву рельса сделать вогнутой, а головку выпуклой. Этот изгиб достигается в роликовой гибочной машине путем применения трех вертикальных гладких роликов и двух горизонтальных калиброванных роликов. Назначение вертикальных роликов — осуществление изгиба, а горизонтальных — удержание рельса в горизонтальном положении в момент изгиба и его транспортировка через машину, так как примыкающие ролики рольганга холостые, а гиб должен совершаться непрерывно. Скорость прохождения рельса через машину в моментгиба 1,2 м в секунду.

Настройка вертикальных роликов машины осуществляется при помощи штурвалов, расположенных с передней стороны; горизонтальных роликов — нажатием верхнего ролика штурвалом на станине машины. Поднятие головки рельса и поддержание его в горизонтальном положении в горизонтальных роликах осуществляется особой конструкцией роликов рольганга и, кроме того, дисками штамп-машины.

С целью изучения влияния горячегогиба на качество получаемых рельс было проведено исследование 141 шт. рельс 11 плавков. При проведении этой работы возник вопрос о необходимой величине изгиба рельса в горячем состоянии при прохождении через гибочную машину. Величина этого изгиба должна быть

выбрана с таким расчетом, чтобы по охлаждении рельс получил близкую к прямой форму. При этом необходимо было учесть то обстоятельство, что роликовая правильная ма-



Фиг. 1.

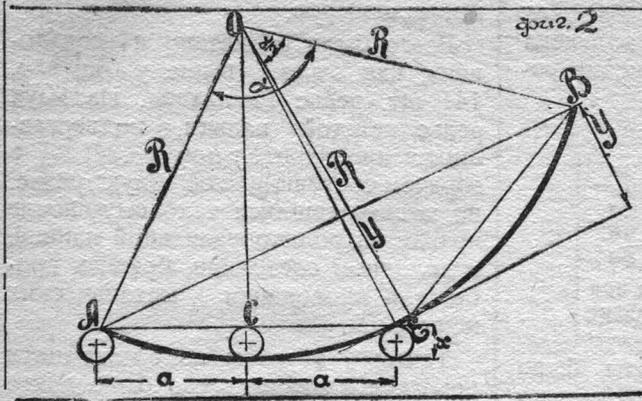
шина для холодной правки рельс рассчитана на работу с рельсами, поставленными на подошву. В том же случае, когда рельс будет иметь изгиб в сторону подошвы, правка рельс будет невозможна, так как машина к задаче таких рельс не приспособлена. Кроме того, у изогнутого на подошву рельса во время правки в подошве появляются растягивающие напряжения, что также нежелательно. Поэтому рельсы после изгиба и охлаждения на стеллажах должны иметь хотя бы незначительную кривизну — в сторону головки.

При плотном прилегании рельс друг к другу во время охлаждения стрела прогиба получается в пределах 250 — 350 мм. Таким образом геометрически казалось бы необходимо иметь стрелу изгиба рельса на подошву после горячей правки — в горячем состоянии около 150 — 250 мм. Однако такого соотношения между стрелами изгиба в холодном и горячем состоянии рельс не наблюдалось. Очевидно в этом случае

сказывается влияние различной пластичности между головкой и подошвой и различие в условиях охлаждения. Величина этого соотношения

существляется тремя вертикальными роликами. Движение среднего ролика ограничено горизонтальными роликами, поэтому настройка осуще-

ствляется двумя боковыми вертикальными роликами. При гйбе рельса необходимо знать величину выдвигения ролика для получения требуемой стрелы изгиба. Обозначаем через x расстояние между краями рабочей части полотна вертикальных роликов и через y искомую стрелу изгиба рельса после загиба в горячем состоянии. Из фиг. 2 будем иметь:



фиг. 2.

определяется путем непосредственного замера стрелы изгиба рельс в горячем и холодном состоянии. Изменение стрелы изгиба в горячем состоянии достигалось путем изменения настройки роликовой гибочной машины. Получающаяся стрела изгиба рельса измерялась при помощи железной проволоки и стального метра на рольганге. Полученные результаты представлены на фиг. 1.

Как видно из нее, эта зависимость выразилась прямой линией, причем почти все точки совпадают с этой прямой. Если продолжить прямую до пересечения с осью абсцисс, то получим, что для полного выпрямления рельса после охлаждения необходима стрела изгиба рельса в горячем состоянии 130—140 мм. Практически полное выпрямление рельса или со стрелой изгиба на головку достигалось в том случае, когда стрела загиба рельса в горячем состоянии на подошву была равна 250 мм при тем-ре 860° С.

Загиб рельса. Загиб рельса на подошву, как было сказано выше, осу-

ществляется тремя вертикальными роликами. Движение среднего ролика ограничено горизонтальными роликами, поэтому настройка осуще-

$$y = R \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) \quad (1)$$

из треугольника АОС:

$$R^2 = a^2 + (R - x)^2$$

откуда:

$$R = \frac{x^2 + a^2}{2x}$$

Величина центрального угла α определяется из следующего выражения:

$$\alpha = \frac{\overset{\frown}{AB} \cdot 180^\circ}{\pi \cdot R}$$

где длина дуги АВ равна длине изгибаемого рельса.

Подставляя в полученное равенство значение R, будем иметь:

$$\alpha = \frac{\overset{\frown}{AB} \cdot 180^\circ \cdot 2x}{\pi (x^2 + a^2)}$$

$$\text{угол } \frac{\alpha}{2} = \frac{\overset{\frown}{AB} \cdot 180 \cdot x}{\pi (x^2 + a^2)}$$

Подставляя найденные значения R и угла $\frac{\alpha}{2}$ в уравнение (1), получим:

$$y = \frac{x^2 + a^2}{2x} \left\{ 1 - \cos \left[\frac{\overset{\frown}{AB} \cdot 180^\circ \cdot x}{\pi (x^2 + a^2)} \right] \right\}$$

Изменяя значение величины x , т. е. увеличивая или уменьшая стрелу изгиба в роликах, будем получать то или иное значение y , т. е. величину изгиба рельса в сторону подошвы после горячего изгиба. Для разных значений x была получена следующая таблица выдвигения роликов.

Таблица 1.

$x = 1$ мм	$y = 135$ мм
$x = 2$ мм	$y = 272$ мм
$x = 3$ мм	$y = 355$ мм
$x = 4$ мм	$y = 543$ мм
$x = 5$ мм	$y = 678$ мм
Значения „ y “ получены при $\alpha = 53^\circ$ мм и $L = 12500$ мм	

При проведении работы было установлено, что пользоваться только данными этой таблицы нельзя, так как в этом случае совершенно не учитывается влияние температуры конца прокатки. Поэтому необходимая стрела прогиба, находившаяся на таблице, корректировалась практически путем величины выдвигения роликов. Нужно сказать, что недостатком конструкции имеющейся машины горячегогиба рельса является отсутствие каких-либо шкал, по которым можно было бы контролировать выдвигение роликов.

При проведении работы по гибу рельса явилась необходимость производить соответствующую настройку шлепперов. Дело в том, что правильная настройка роликовой машины не даст требуемого результата, если не будут также правильно настроены пальцы сбрасывающих шлепперов. Эффект от работы гибочной машины может быть совершенно неожиданным, давая в одном случае излишний загиб на подошву, а в другом—сводя его к нулю. Поэтому на практике применялась настройка пальцев шлепперов по стреле

изгиба рельса после гибочной машины. Безусловно, что при постоянной работе гибочной машины необходимо будет периодически (раз в сутки) проверять настройку пальцев шлепперов.

Всего было прокатано и исследовано, как было выше упомянуто, 141 шт. рельс 11 плавков. Из двух рельс каждой плавки, подвергавшихся предварительному загибу в горячем состоянии, и от двух рельс, не подвергавшихся таковому после правки на роликоправильной машине в холодном состоянии, брались пробы для проведения механических испытаний.

Таким образом по одиннадцати опытным плавкам всего было взято для проведения испытаний 44 пробы. Результаты испытаний приводятся в таблице 2.

Таблица 2.

Результаты испытаний на разрыв.

№ плавков	Без горячегогиба			С горячимгибом		
	Времен. сопротив. σ кг/см ²	Удлинен. δ проц.	Сужение ψ проц.	Времен. сопротив. σ кг/см ²	Удлинен. δ проц.	Сужение ψ проц.
6502	81,4	10,7	15,5	81,6	11,0	16,1
9169	81,7	5,3	19,0	81,8	5,7	18,5
12034	85,1	4,0	9,2	85,5	4,3	9,8
4857	95,0	4,7	11,6	95,1	4,7	11,7
13226	83,7	6,7	19,1	83,8	6,8	19,2
7659	83,2	8,7	8,7	83,5	8,9	9,1
12040	81,9	6,0	16,7	82,0	6,3	16,8
2336	83,3	6,0	10,3	83,5	6,1	10,8
13231	79,7	8,7	16,5	80,0	8,8	16,8
1357	82,3	8,0	9,7	82,4	8,2	10,1
12044	87,9	6,7	14,0	88,2	6,9	14,1
В среднем	84,1	6,86	13,66	84,49	7,06	13,9

Полученные результаты показывают, что имеет место некоторое улучшение механических свойств металла. Это позволяет сделать вывод о необходимости скорейшего ввода в эксплуатацию машины горячегогиба рельс.

К вопросу о влиянии холодной правки на качество рельс

Явление загиба рельса при его охлаждении, являющееся следствием неравномерной скорости охлаждения отдельных элементов рельса, ведет к необходимости подвергать рельс холодной правке на роликоправильной машине. Как и всякая пластическая деформация в холодном состоянии, правка должна сказываться отрицательно на качестве рельс, вызывая наклеп.

В лаборатории обработки металлов давлением Сибирского металлургического института была проведена серия опытов, имевших целью установить влияние холодной правки на качество рельс. Ниже приводим описание и результаты некоторых из этих опытов.

Влияние холодной правки на внутренние напряжения.

В первую очередь подверглись исследованию внутренние температурные напряжения в элементах рельс (следствием которых, собственно, и является загиб рельса). От нескольких рельс на стеллажах рельсобалочного цеха КМЗ были отобраны образцы длиной 750 мм; затем от этих же рельс после правки их на роликоправильной машине вновь были взяты пробы для испытаний.

На головках и подошвах образцов наносились очень тонкие риски, после чего были замерены расстояния между ними на специально изготовленном компараторе. Компаратор был снабжен микроскопами, дающими возможность производить отсчеты с точностью до 0,0025 мм. После замеров на строгальном станке подошва и головка отрезались от ножки и замеры производились вновь. Все головки получили

сокращение длины, а подошвы — удлинение. Это доказывает, что головки находились в упруго растянутом состоянии, а подошвы в упруго сжатом. Очевидно по удлинениям можно вычислить некоторые средние по площади элемента напряжения, что нами и было сделано. Результаты некоторых замеров приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1.

Напряжения в элементах направленных рельс

№ образцов	Расстояние между рисками (округлено)	Головка		Подошва		Примечание
		Укорочение (мм)	Напряжение кг/мм ²	Удлинение (мм)	Напряжение кг/мм ²	
1	320	—	—	0,211	14,8	Принято: модуль упругости E = 22500 кг/мм ²
2	320	0,348	24,5	0,902	63,5	
3	320	0,101	7,12	0,601	42,1	
4	320	0,302	21,2	0,204	14,4	
5	320	—	—	0,401	28,9	

Таблица 2.

Напряжения в элементах правленных рельс

№ образцов	Расстояние между рисками	Головка		Подошва		Примечание
		Укорочение (мм)	Напряжение кг/мм ²	Удлинение (мм)	Напряжение кг/мм ²	
1	320	0,150	10,55	0,200	14,1	Принято: E = 22500 кг/мм ²
2	320	0,102	7,18	0,395	27,8	
3	320	0,098	6,90	0,350	24,6	

Можно считать, что напряжения у направленных рельс колеблются в пределах: в головках от 7 до 25 кг/мм² и в подошвах от 14 до 42 кг/мм². Соответственно у правленных:

в головках от 6 до 11 кг/мм² и в подошвах от 14 до 24 кг/мм².

Таким образом, напряжения у правленных рельс оказались значительно меньше, чем у направленных.

Очевидно, что это снижение напряжений произошло за счет пластических сдвигов частиц металла, при которых возможно образование ультрамикроскопических трещин в зернах металла, вызывающих уменьшение ударной вязкости металла, общее снижение пластических свойств, следовательно, ухудшающих качества рельс.

Для выяснения вопроса о степени понижения качества металла в результате холодной правки, нами были произведены механические испытания образцов, взятых от правленных и неправленных рельс.

Влияние холодной правки на механические свойства рельс.

Испытания проводились в лаборатории испытания материалов СМИ. Образцы на разрыв вырезались из головки рельса нормальные $d=20$ мм. Разрыв производился на 30-тн. прессе Амслера. Определение ударной вязкости — на копре Шарпи. Образцы вырезались вдоль и поперек волокон из подошвы. Всего было испытано по 50 образцов. Не давая полной таблицы результатов испытаний, приведем здесь только итоги испытания:

Механические качества рельс в результате правки снизились на 1,5—5,0%. В частности, временное сопротивление разрыву уменьшилось с 84,4 до 82,2 кг/мм² (по средним значениям), что составляет 2,61%. Относительное удлинение понизилось на 1,4%. Относительное сжатие на 4,78% и ударная вязкость на 4,5% (вдоль волокон) и на 2,3% (поперек волокон).

Пути к уменьшению вредного влияния холодной правки на качество рельс.

Большое влияние на наклеп металла имеет степень деформации.

Поэтому, чем меньше будет степень деформации на роликотправильной машине, тем менее вредно скажется ее действие на качество металла. Уменьшить степень деформации на роликотправильной машине можно, задавая в машину рельсы с малой стрелой прогиба. Средняя стрела прогиба рельс КМЗ по нашим замерам составляет 194 мм, колеблясь от 125 до 260 мм. Американские технические условия допускают максимальную стрелу прогиба в 125 мм; имеющие прогиб свыше 125 мм зачисляются в «рельсы № 2», которых принимается не свыше 5% от заказа. Таким образом все рельсы КМЗ, имеющие прогиб около 200 мм, по американским нормам были бы забракованы по прогибу.

В условиях КМЗ, до постройки цеха термической обработки рельс, возможен, по нашему мнению, только один путь уменьшения прогиба рельс (следовательно и уменьшение вредного влияния холодной правки) — применение ныне бездействующей машины горячегогиба рельс. Применение этой машины, безусловно, значительно повысит качество выпускаемой продукции.

Второй путь уменьшения прогибов возможен с пуском цеха термической обработки рельс.

По опытам, проведенным центральной лабораторией КМЗ, при замедленном охлаждении получались почти прямые рельсы. Почти прямые, а в некоторых случаях и абсолютно прямые рельсы, удавалось получить и автору по способу, предложенному доцентом СМИ А. И. Сахаровым, соединяя охлаждающиеся рельсы подошвами вместе. К сожалению, необходимость сложного переоборудования стеллажей делает этот способ в настоящих условиях неприемлемым.

О специальных элементах в мартеновской стали КМЗ

(В порядке постановки вопроса).

Изучение причин образования флокенов в углеродистой стали КМЗ поставило в порядок дня вопрос о необходимости исследования стали на специальные элементы. Эпизодические исследования стали, поставленные в разные периоды, показали наличие хрома в пределах от 0,02 до 0,05%, никеля до 0,03% и меди до 0,1%. Некоторый повод для выяснения причин попадания этих элементов в сталь давали результаты исследования доменного чугуна, выполненные в период применения паровоздушного дутья. Ряд проб чугуна, подвергнутых тщательному анализу, показал наличие:

хрома	в пределах	0,03—0,05%
никеля	„	0,020—0,024%
молибдена	„	0,002—0,003%
меди	„	0,08%—
титана	„	0,08—0,10%

Использование в доменном процессе железных руд Горной Шории и марганцевой руды мазульского месторождения, содержащих, по недостаточно полным данным исследования геолого-разведочных проб, ряд специальных элементов (медь, никель, кобальт), явилось в то время единственным объяснением причин попадания специальных элементов в доменный чугун.

Более поздние работы химической лаборатории показали, что существу-

ет еще и другой источник загрязнения чугуна специальными элементами. Этим источником являются мартеновские шлаки, содержащие заметные количества двуокиси титана, трехокиси хрома и пятиокиси ванадия. Некоторое представление о пределах содержания этих элементов дает таблица 1.

Таблица 1.
Мартеновские шлаки.

№№ анализов	Содержание в процентах			
	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	V ₂ O ₅	CuO
1	0,67	0,65	0,30	0,017
2	0,62	0,22	0,10	0,017
3	0,52	0,43	0,10	0,013
4	0,52	0,16	0,11	0,017
5	0,52	0,16	0,14	0,013
6	0,96	0,81	0,32	0,010
7	0,62	0,86	0,30	0,020
8	0,67	0,48	0,28	0,020
9	0,56	0,51	0,32	0,020
10	0,67	0,22	0,12	0,010
11	0,56	0,22	0,08	0,040
12	0,56	0,22	0,10	0,030
13	0,55	0,16	0,06	0,020

При весьма значительных добавках мартеновского шлака в доменную шихту указанные в таблице содержания специальных элемен-

тов не могут не влиять на состав чугуна.

Нельзя, конечно, ограничиваться таким предположением, что специальные элементы из передельного чугуна частью переходят в сталь (медь, никель), частью выгорают (хром, титан, ванадий) и через мартеновский шлак возвращаются в чугун. При учете всех материалов, применяющихся в доменном и мартеновских цехах, можно считать, что процесс перехода специальных элементов в конечные продукты значительно сложнее, и установить его можно только после тщательного исследования всех материалов. С этой целью и была намечена исследовательская работа, план которой

предусматривает изучение продукции КМЗ по содержанию в ней специальных элементов с последующим выяснением источников попадания их в чугун и сталь. Эта большая и чрезвычайно сложная с точки зрения аналитической химии задача далеко еще не разрешена; в настоящей статье можно дать только некоторые предварительные данные.

Результаты, помещенные в нижеследующих таблицах, относятся к пробам, отобранным в течение сентября месяца 1940 года. Из указанных в таблице № 2 элементов значительная часть титана, ванадия и хрома вносится в чугун с мартеновским шлаком. О материалах, внося-

Таблица 2.

Доменный чугун

№ № анализов	Содержание в процентах					
	Cr	Ni	Ti	Si	V	Mo
1	0,037	0,025	0,126	0,098	0,014	Следы порядка 0,0015%
2	0,024	0,011	0,148	0,059	0,015	
3	0,012	0,019	0,116	0,048	0,015	
4	0,058	0,012	0,090	0,058	0,030	
5	0,057	0,011	0,050	0,060	0,020	
6	0,042	0,007	0,050	0,072	0,030	
7	0,042	0,013	0,030	0,059	0,024	
8	0,042	0,010	0,050	0,058	0,013	
9	0,024	0,015	0,050	0,070	0,015	
10	0,054	0,022	0,060	0,033	0,020	
11	0,056	0,013	0,110	0,066	0,030	
12	0,063	0,022	0,070	0,069	0,020	
13	0,042	0,019	0,060	0,050	0,014	
14	0,037	нет	0,035	0,069	0,008	
15	0,049	0,011	0,050	0,070	0,030	
16	0,070	0,010	0,060	0,067	0,030	
17	0,059	0,061	0,050	0,072	0,010	
18	0,048	0,013	0,040	0,034	0,020	

щих медь и никель в чугуны, можно в настоящий момент судить только по данным исследования геолого-разведочных проб мазульского месторождения (содержание никеля в мазульской марганцевой руде колеблется в пределах 0,04—0,12% и в отдельных случаях достигает 0,47%) и месторождения Темир-Тау (содержание меди обычно не превышает 0,1%, но в отдельных случаях повышается до 1%).

К детальному изучению сырья доменного цеха на специальные элементы лаборатория еще не приступила.

Исследование мартеновской стали на вышеуказанные элементы показало (таблица 3), что содержание хрома, никеля и меди колеблется в тех же пределах, что и в чугунах. Значительно меньше, по совершенно понятным причинам, содержание ванадия и титана. На основании имеющихся в настоящее время данных, из материалов, загрязняющих мартеновскую сталь специальными элементами, обращают на себя внимание 12% и 45% ферросилициев. Исследование ряда проб, отобранных во время наблюдения опытных плавов, показало нижесле-

Таблица 3.

Мартеновская сталь.

№№ анализов	Содержание в процентах				
	Cr	Ni	Ti	Cu	Mo
1	0,01	0,02	0,001	—	
2	0,03	0,02	0,002	0,02	
3	0,04	0,02	0,002	0,05	
4	0,03	0,02	0,001	0,06	
5	0,03	0,02	0,005	0,07	
6	0,02	0,02	0,001	0,05	
7	0,02	0,02	нет	0,05	
8	0,03	0,02	0,002	0,06	
9	0,03	0,03	0,001	0,04	
10	0,03	—	0,004	0,05	
11	0,05	0,02	0,002	0,08	
12	0,05	0,02	0,002	0,08	
13	0,04	0,02	0,002	0,07	
14	0,04	0,02	0,002	0,07	
15	0,04	0,02	—	0,08	
16	0,04	0,02	0,003	0,08	
17	0,04	0,03	0,002	0,08	
18	0,04	0,02	0,002	0,08	
19	0,04	0,02	0,003	0,07	
20	0,05	0,02	0,003	0,08	
21	0,04	0,03	0,002	0,07	

С л е д ы

Таблица 4.
Ферросилиций.

Характер материала	Содержание в %/о				Примечание
	Сг	Ni	Сu	Мо	
12 ³ / ₀	0,04	0,020	0,14	0,009	Определены других специальных элементов не закончено
12 ⁰ / ₀	0,03	0,015	0,18	0,010	
12 / ₀	0,06	0,035	0,19	сл.	
12 ⁰ / ₀	0,02	нет	0,11	0,005	
12 ⁰ / ₀	0,01	нет	0,26	0,005	
45 ⁰ / ₀	0,10	0,070	0,04	0,011	
45 ⁰ / ₀	0,43	0,010	0,12	0,050	
45 ⁰ / ₀	0,06	нет	0,17	0,011	
45 ⁰ / ₀	0,42	0,020	0,12	0,010	
—	0,10	0,034	0,13	0,023	

дующие результаты (таблица № 4). Известняк и известь показали отсутствие специальных элементов, если не считать незначительных количеств двуокиси титана (от 0,004 до 0,04 %). Необходимо указать еще на наличие небольших количеств меди в магнитогорской руде, поступающей в мартеновские цеха (до 0,1%).

Можно надеяться, что проведение этой работы внесет полную ясность в вопрос о причинах загрязнения металла КМЗ специальными элементами.

Динас на кремнеземистой связке

Огнеупорность динаса имеет большое значение в условиях службы динаса в сводах мартеновских печей особенно при скоростных методах сталеварения, когда мартеновские печи работают с максимальным тепловым напряжением. Огнеупорность динаса зависит от огнеупорности самого сырья—кварцита и вводимой для связки добавки. Обычно в качестве связки употребляется известь в количестве 2% значительно понижающая огнеупорность динаса. В частности для динаса из Анжеро-Судженского кварцита, имеющего огнеупорность выше 1770° С, мы имеем понижение на 30 — 40°. Инженер Смелянский*) изготовил динас без добавки извести, на кремнеземистой связке с повышенной огнеупорностью, равной огнеупорности

самого сырья и повышенной стойкостью против деформации под нагрузкой. Новый динасовый кирпич показал хорошую стойкость в сводах электропечей. Это обстоятельство и послужило основанием для проведения аналогичной работы на КМЗ.

В задачу настоящего лабораторного исследования входило выяснение возможности изготовления динаса на кремнеземистой связке из Анжеро-Судженского кварцита, с повышенной огнеупорностью и сопротивлением деформации под нагрузкой при высокой температуре. В лаборатории были приготовлены опытные шихты, состав которых приводится в таблице № 1.

Гранулометрический состав кварцитного порошка всех шихт, кроме № 3, был близок к среднему цехо-

Таблица 1.

№№ шихта	Кварцит %	Кремнезем. шликер %	Известь %	Коксик %	Гранулометрия кварцитного порошка					
					6 мм	3 мм	2 мм	1 мм	0,49	Ниже 0,49
1	95	5	—	—	0	15	12	13	10	50
2	97	3	—	—	0	15	12	13	10	50
3	95	5	—	—	5	20	13	10	12	40
4	93	5	—	2	0	15	12	13	10	50
5	98	—	2	—	0	15	12	13	10	50
6	85	5	дин. бой 10 проц.	—	0	15	12	13	10	50

*) См. сборник работ укр. иссл. ин-та за 1938 г.

вому для обычного динаса на известковой связке. Шихта же № 3 имела укрупненную гранулометрию в расчете на получение динаса с повышенной термостойкостью.

Добавка 5% кремнеземистого шликера была взята как наиболее оптимальная по данным инж. Смелянского и только в шихту № 2 было введено 3% кремнеземистого шликера, чтобы установить влияние процентного содержания шликера на качество динаса. В шихту № 4 для получения более термостойкого динаса было введено 2% коксика,^{*}) просеянного через сито 0,2 мм. Шихта № 5 была изготовлена по рецепту для обычного динаса с добавкой 2% извести.

Для выяснения влияния динасового боя на свойства динаса на кремнеземистой связке была изготовлена шихта № 6, для которой был использован кварцитный порошок с производства, содержащий около 10% динасового боя.

Для изготовления кремнеземистого шликера была использована тончайшая кварцитная пыль, оседающая на агрегатах помольного динасового отделения.

Как видно из таблицы № 2 по своей огнеупорности и химическому составу пыль вполне пригодна для изготовления шликера.

Кварцитная пыль для приобретения некоторой пластичности растиралась с водой в фарфоровой ступке. Полученный сметанообразный шликер полностью проходил через сито 10.000 отв/см², что указывало на «готовность» шликера.

Динасовые лабораторные массы составлялись следующим образом: крупные и средние фракции кварцитного порошка увлажнялись кремнеземистым шликером и 0,5% мелясы. Зерна кварцита хорошо обволакивались пленкой шликера. Затем вводилась тонкая фракция кварцита (ниже 0,49 мм), добавлялось немного воды и масса тщательно перемешивалась. Влажность масс колебалась от 5,8 до 7,6%, причем влажность ниже 6,0% отрицательно влияла на качество формовки, понижая вязность массы.

Из опытных масс, ручным способом, были сформованы кубики размером 75×75×50 и цилиндры $d=50$ мм. и $H=50$ мм. Сушка образцов производилась в лабораторном сушильном шкафу при 110° С. Трещин после сушки не было, углы и кромки образцов были прочными. Обжигались образцы в 22-камерной печи. Конечная температура обжига по пирометру была 1430°, а по конусам

Таблица 2.

Название	Огнеупорн.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	пп/п	Сумма
Анж. Судж. кварцит	выше 1770°	97,36	2,04	Сл.	Нег	0,22	0,72	0,12	100,36
Кварцитн. пыль . . .	1750° С	96,47	0,80	0,89	0,05	0,16	0,00	0,52	98,95

^{*}) По предложению нач. огнеупорного цеха г. Коган

Таблица № 3.

№№ шихт и проц. добавки	Огнеупорность	Деформация		Механич. прочн. в кг/см ²		Пористость в %	Дополн. рост в %	Удельн. вес	Термо-стойк.	Внешний вид	Микроструктура
		НР	КР		Средняя						
I 50% шликера	Выше 1770° С	1660° С образец с трещиной	1680° С	450 435 379 359	450	17,8 18,7 20,1	0,12	2,308	1 тепло-смена	Цвет кирпично красный. Много трещин и посечек излом не по зернам	Цементирующая масса состоит из красно-ато-бурого стекла с небольшим колич. мелких иголок тридимита. Зерна кварцита превращены в метастабильный кристобалит, часто замещаемый иголочками тридимита. В крупных кристаллизированных зернах наблюдается характерное для быстрого нагрева растрескивание (по Нордону)
II 30% шликера	Выше 1770°	1710°	1740°	445 546 381 561	483	18,6 17,5	0,25 0,17	2,284	2 тепло-смены	Отличается от предыдущего меньшей трещиноватостью и более светлой окраской	Тоже, что шихта № 1
III 50% шликера и укрупн. грануломет.	Выше 1770°	—	—	386 368 417	390	16,9 16,8 16,5	0,17	2,302	1—2 тепло-смены	По внешнему виду и микроструктуре не отличается от образцов шихты № 1	
IV 50% шликера и 20% коксика	Выше 1770°	1680°	1710°	400 394 380	391	19,6 19,4	0,14	2,280	3 тепло-смены	Отличается от предыдущих незначительным количеством посечек.	Минералогически не отличается от предыдущих
V с известью (20,0)	1730°	1660°	1680°	27,1 27,2 27,4	272	18,8 17,9 20,6	0,10	2,298	2—3 тепло-смены	Цвет желтый, трещин и посечек нет, излом плотный по зернам	Отличается от динаса на кремнеземистой связке весьма незначительным содержанием стекла, псевдоволластонита (CaO SiO ₂) и развитием тридимита преимущественно в цементирующей массе
VI 50% шликера и 10% динас. боя	1750°	1670°	1720°	372 278 322	324	17,7	0,14	2,293	2 тепло-смены	Пятнистый с посечками, излом не по зернам, зерна динас. боя выкрашиваются.	Тридимитизация слабее предыдущего, много стекла и кристобалита. Зерна динасового боя не реагируют с основной массой.

Зегера — 1480° С. После обжига образцы были испытаны в лаборатории.

Результаты испытаний и характеристика внешнего вида и микроструктуры приведенные в табл. № 3 показывают следующее:

1. Образцы динаса на кремнеземистой связке имеют повышенную огнеупорность, равную огнеупорности самого кварцита (выше 1770° С). См. шихты № 1, 2, 3, 4.

2. Образцы обычного динаса с добавкой извести (шихта № 5) имеют пониженную огнеупорность по сравнению с динасом на кремнеземистой связке. Добавка 2% извести снизила огнеупорность до 1730°.

3. Добавка динасового боя (около 10%) понижает огнеупорность динаса на кремнеземистой связке до 1750° С.

4. Сопротивление деформации под нагрузкой значительно повышается. Так например, деформация образцов шихты № 2, против обта 5) начинается на 50° выше т. е. при 1710° против 1650°. Повышение начала и конца деформации имеется также и у образцов шихты № 4.

5. Образцы всех шихт на кремнеземистой связке имеют значительно повышенную мехпрочность по сравнению с динасом на известковой связке. Наиболее высокую мехпрочность имеют образцы шихты № 2.

6. Добавка коксика в количестве 2% повышает пористость на 1% и повышает термическую стойкость до 3-х теплосмен (шихта № 4), что имеет большое значение для службы динаса в мартеновских печах.

7. Наименее термостойкими оказались образцы шихты № 1, выдер-

жавшие всего одну теплосмену: по видимому понижение термостойкости произошло за счет наличия значительного количества стекла в динасе, образующегося при 5%-ной добавке шликера. Снижение добавки шликера до 3% повышает термостойкость в два раза (шихта № 2), стекла, в этом случае, образуется меньше.

8. Укрупнение гранулометрии кварцитного порошка не привело к ожидаемому повышению термостойкости динаса и только снизило мехпрочность и пористость (шихта № 3).

9. Дополнительный рост, как в динасе на кремнеземистой связке, так и в динасе на известковой связке очень незначителен (0,10 — 0,25%). Очень низкий удельный вес всех шихт 2,28—2,30 показывает на полное перерождение динаса в кристобалит, тримит и кремнеземистое стекло.

10. Все образцы динаса на кремнеземистой связке имеют на поверхности трещины и посечки после обжига, за исключением шихты № 4, имеющей незначительные посечки, по видимому здесь сказалось благоприятное влияние коксика, как выгорающей добавки, повысившей стойкость динаса в отношении расстрескивания. Обычный динас на известковой связке (ших. № 5) был без трещин и посечек.

По внешнему виду динас на кремнеземистой связке отличается от обычного кирпично-красным цветом и плотным изломом с торчащими, но невыкрашивающимися зернами кварцита, тогда как динас на известковой связке имеет желтый цвет и плотный излом не по зернам. Микроскопическое исследование динаса на

кремнеземистой связке показало полное перерождение кварцита в метастабильный кристобалит и мелкоигольчатый тридимит. Остаточного кварца и халцедона нет. В структурном отношении от обычного известкового динаса, отличается наличием значительного количества стеклообразной массы красного цвета, цементирующей кристобалитизированные кварцитные зерна и иголки тридимита. Количество стекла уменьшается в образцах ших. № 2. Такому полному перерождению динаса на кремнеземистой связке несомненно способствовала высокая температура обжига и кроме того легкость перерождения самого Анжеро-Судженского кварцита, в основной своей массе состоящего из мельчайших волокон халцедона (SiO_2), имеющего те же превращения при об-

их хрупкость. При ударе молотком на образцах появляются трещины; при механической обработке образцы часто раскалываются на куски. Особенно хрупкими оказались образцы шихты № 1. Образцы шихт № 2 и № 4 ведут себя в этом отношении лучше.

В заключение можно сказать, что в лабораторных условиях был получен динас на кремнеземистой связке из Анжеро-Судженского кварцита с повышенными огнеупорностью, стойкостью против деформации под нагрузкой и механической прочностью. Сравнительные данные опытного кремнеземистого динаса и динаса на известковой связке изготовляемого шамотодинасовым цехом, приведенные ниже, показывают более высокое качества первого.

Динас на кремнеземистой связке

Шихта № 4 и шихта № 2

Огнеупорность	выше 1770 °С
Деформация	Н. Р. 1680°—1710° К. Р. 1710°—1740°
Механ. прочность	391—483 кг/см ²
Термостойкость	3 теплосмены
Пористость	19,0%—19,5%

Динас известковый

Изготавливаемый шамото-динасовым цехом

Огнеупорность	1710—1730 °С
Деформация	Н. Р. 1620°—1680° К. Р. 1650°—1720°
Механ. прочность	168 кг/см ²
Термостойкость	2 теплосмены
Пористость	19,8%

жиге, что и кварцит, но происходящих более быстро.

11. Необходимо отметить отрицательное свойство образцов динаса на кремнеземистой связке—именно

В целях проверки результатов этой лабораторной работы в полужавском масштабе необходимо изготовить опытную партию динаса на кремнеземистой связке по рецептам

№ 2 и № 4 и провести испытание опытного динаса в мартеновской печи, выложив из него небольшой участок свода, чтобы после работы кирпича определить характер его раз'едания, минералогический и химиче-

ский состав зон, глубину проникновения шлаков и выяснить таким путем отличие динаса на кремнеземистой связке после работы в своде мартеновской печи от обычного динаса.

1953 | ГБ УзССР
12010

На стр. 8, 1-я колонка, 3 и 4-я строки сверху, напечатано: «к низу изложниц листовых образцов (сляб) и чугунных пробок»; следует читать: «к низу изложниц листовых обрезков (сляб) и чугунных пробок».

СО Д Е Р Ж А Н И Е

1. О качестве мегалла и состоянии технологии на металлургических заводах. Выступление Наркома Черной металлургии тов. ТЕВОСЯН	3
2. Тезисы доклада главного инженера КМК тов. Вайсберга Л. Э' на партийно-технической конференции по качеству металла	6
3. Особенности технологического процесса и качество металла коротких плавов на КМЗ. Инж. П. М. Масловский	25
4. Влияние основных факторов технологического процесса на газонасыщенность стали. Инж. М. В. Кузнецова	31
5. Условия разливки спокойного металла на КМЗ. Кандидат техн. наук Е. Я. Зарвин , инж. В. И. Маслова	43
6. Анализ гидравлического процесса разливки стали на КМЗ. Доцент А. И. Смирнов	51
7. К вопросу о подготовке изложниц для разливки стали. Инж. С. Н. Никитин	71
8. Некоторые особенности производства рессорной стали на КМЗ. Инж-ры: М. С. Леви, А. А. Толоковская, В. И. Таиров	79
9. Основные виды дефектов сталей КМЗ и борьба с ними. Инж. А. В. Иванов	87
10. Природа внутренних волосовин и песо ин в осевом металле КМЗ. Инж. Н. С. Алексеева	95
11. Сравнительный анализ калибровок жел.-дор. рельсов, „тип 1-А“ Кузнецкого и Днепропетровского металлургических заводов. Доцент А. И. Сахаров , инж. Е. Я. Фролов	101
12. Технологический процесс прокатки и качество готовой продукции. Инж. И. И. Кучко	113
13. Влияние горячей правки на качество рельс. Инж. Л. И. Рогожин	119
14. К вопросу о влиянии холодной правки на качество рельс. Инж. В. М. Заруев	123
15. О специальных элементах в мартеновской стали КМЗ. Инж. К. А. Шистерман	125
16. Динас на кремнеземистой связке. Инж. Т. В. Мемнонова	129

РЕДАКЦИЯ:

Инж. И. Д. НИКУЛИНСКИЙ—ответственный редактор.
Инж. Н. Е. СКОРОХОВ—технический редактор,
Инж. П. М. МАСЛОВСКИЙ.

Техническое оформление—А. М. ЧИКОВ.

Адрес редакции: г. Сталинск, Центральная лаборатория КМК,
телефон АТС 22—12 (ответ. редактор), АТС 22—55, 21—01 (техн. редакт.)

Сдано в набор 5/X-1940 г.
Подписано к печати 17/X-1940 г.
Заказ № 5006.
Тираж 300.
Формат бумаги 53 x 74 см.
8 $\frac{1}{2}$ печатн. листа
84 тыс. зн. в 1 печ. листе
Авторск. 15 листов
МН1294 от 17/X-1940 г.

г. Сталинск, типография издательства газеты "Большевиcтская сталь".

Ц. 7 р. 50 к.

= 22881

