Московский институт стали и сплавов.

 кафедра металлургии стали

 "Творчество и самостоятельность"

 КУРСОВАЯ РАБОТА

 по дисциплине

 "Металлургия стали и сплавов и новые процессы"

 Группа МЭ-91-1

 Студент Аникушин С. С.

 Преподаватель Клюев М. П.

Задание. Разработать технологическую схему производства стали марки 35Г2 и определить основные технико-экономические показатели производства.

Исходные данные

Состав чугуна (вес %): С-4.8, Si-0.85, Mn-0.75, P-0.24, S-0.08

Температура чугуна, С - 1315

Емкость конвертера, т - 300

Оценка \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

 **Введение.**

После распада СССР в России осталось около 60 % предприятий черной металлургии. Проблемы, возникшие после распада СССР, в основном волновали отрасль в 1991 году. В течение 1992 года хозяйственные связи были в целом восстановлены. Объемы производства и потребления черных металлов в России стабилизировались к середине 1993 года [2].

Потенциал черной металлургии России определяется производственными мощностями, позволяющими производить (млн. т. год) [3]:

готовый прокат 67

сталь 94

чугун 61

кокс 34

товарная железная руда 103

По прогнозу Комитета РФ по металлургии, в 1993 году будет произведено 42,8 млн. т готового проката. Но сегодня 50 % проката и 60% стали производится в России на устаревшем оборудовании. В 1992 году 51,5 % стали изготавливалось мартеновским способом, 34,5% конвертерным, 14% электросталеплавильным. По прогнозам Комитета по металлургии, в 1993 году эти показатели почти не изменятся. К тому же более 76% стали разливается в слитки, что ведет к перерасходу энэргоресурсов на сумму $210 млн. в год [2].

В целом наша черная металлургия характеризуется следующими особенностями [3]:

 повышенная материало- и энергоемкость производства;

 значительный износ основных производственных фондов, превышающий в целом по отрасли 50%, а по ряду предприятий 70%, невысокий технический уровень производства и связанные с этим качество и конкурентоспособность продукции;

 несбалансированность подотраслей и отдельных переделов, особенно из-за разрыва связей по межотраслевой и внутриотраслевой кооперации сырья и полуфабрикатов;

 крайне неудовлетворительная экологическая обстановка в регионах с металлургической промышленностью.

Основная масса металлургической продукции в России производится по несовременной технологии на морально и физически устаревшем оборудовании, технический уровень которой соответствует шестидесятым годам [3]. Вследствие этого продукция имеет повышенную материало- и энергоемкость.

Распад единого металлургического комплекса особенно остро сказался на минерально-сырьевой базе. В России отсутствуют месторождения и предприятия по добыче марганцевых и хромовых руд, основные запасы которых находятся на Украине и в Казахстане. Недостаточна сырьевая база огнеупорной промышленности [3].

Из-за большого количества устаревших основных фондов металлургия наносит значительный ущерб окружающей среде - 400-450 млрд. руб (цены 1992 г.) [3].

Из-за высоких таможенных пошлин, протекционистских мер и высокой конкуренции практически не поддаются расширению рынки сбыта в Западной Европе, Северной и Центральной Америке. Высоккая ресурсоемкость производства при недостаточно высоком уровне качества обусловливают низкую конкурентоспособность большинства видов готовой продукции и на мировом рынке может конкурировать только 10-15% готовой металлопродукции: электротехническая сталь (частично), арматурная сталь, легированный сортопрокат, рельсы, судовая листовая сталь и некоторые другие, а также полуфабрикаты (чугун, заготовка для передела, горячекатанные рулоны) [3].

Можно выделить следующие основные технологические направления работ по модернизации производства [1,3]:

 комплексное использование сырья;

 более глубокое обогащение руд, максимально возможная переработка накопленного и образующегося металлического лома с целью снижения энергетических затрат;

 совершенствование структуры сталеплавильного производства путем замены мартеновских печей на современные сталеплавильные агрегаты с разливкой стали на МНЛЗ;

 минимизация издержек производства, включая транспортные расходы на перевозку сырья и готовой продукции;

 организация производства отдельных видов металлопродукции, снижающих уделбную металлоемкость национального дохода, включая холоднокатанный лист, коррозионно-защищенные металлические изделия, холодногнутые профили и др.;

 повышение качества стальной заготовки (содержание химических элементов в узких пределах, бездефектная поверхность, качественная макро- и микропродукция.

В относительно краткосрочной (10-20 лет) перспективе наиболее предпочтительными будут конвертерный и электросталеплавильный процессы [1].

В переходный период часть стали будет выплавляться в мартеновских печах. Здесь возможны два параллельно идущих процесса: реконструкция мартеновских печей в прямоточные агрегаты и возврат к классическому мартеновскому процессу без использования кислорода или с весьма ограниченным его применением. При этом длительной перспективы эти процессы не имеют. Идут попытки поиска решений вписать в существующие здания мартеновских цехов конвертеры и электропечи при их соответствии самым современным требованиям, а также разработать новый конкурентоспособный сталеплавильный агрегат (например уже функционирующая в США технологическая схема типа: плавильный агрегат - установка внепечной обработки - установка получения заготовки малого сечения - прокатный стан) [1].

Комитет по металлургии подготовил проект "Национальной программы технического перевооружения и развития металлургии России". В течение 1993-2000 гг. проектом предусмотрена ликвидация мартеновского производства с заменой его конвертерным и электросталеплавильном на заводах в Челябинске, Магнитогорске, Новокузнецке и в Нижнем Тагиле. На других предприятиях будет происходить частичная замена оборудования, что должно увеличить долю производства конвертерной стали к 2000 году до 52% [2].

Все сталеплавильное оборудование, включая конвертеры, электросталеплавильные печи, установки внепечной обработки стали и машины неприрывного литья заготовок, намечается изготовить на отечественных машиностроительных предприятиях и заводах ВПК. По импорту предполагается приобрести лишь электронную и гидравлическую аппаратуру для автоматизированных систем [2].

Ввыполнение национальной программы облегчит создание отраслевого банка, который уже получил лицензию и приступает к работе. Однако не решены еще многие финансовые проблемы отрасли. Предприятия требуют индексировать оборотные средства и просят изменить установленный Минфином порядок выделения бюджетных средств по фактическому освоению капитальных вложений, который противоречит существующему порядку предоплаты счетов за материалы, ресурсы и услуги [2].

Серьезной проблемой остаются недостатки службы сертификации и стандартизации, а также неэффективное функционирование таможенного контроля и портовых хозяйств (в конце 1992 года более миллиона тонн металлопродукции скопилось в портах или брошено на подходах к ним) [2].

За первое полугодие 1993 года инвестиции в отрасль составили 242 млрд. рублей, ожидается, что к концу года они увеличатся до 510 млрд. рублей. В 1992 году они составили 61,7 млрд. рублей [2].

Предприятия уже не ждут помощи из госбюджета, а обеспечивают себя сами, используя прибыль, коммерческие и льготные кредиты. Однако мощности по производству проката и труб в 1992 году были загружены всего на 72 процента. Поэтому большую роль для отрасли играют инвестиции в машиностроительный, нефте-газовый и военно-промышленный комплексы, поскольку это обеспечивает спрос на продукцию [2].

Существенным является тот факт, что 75% средств на выполнение национальной программы у производителей есть (69,9% - свои средства, 5,1% - иносранные инвестиции и коммерческие кредиты). Единственной просьбой к государству остается просьба об отсрочке по платежам таможенных пошлин. Это связано со спецификой пуска нового оборудования , для подготовки которого требуется около года. За счет такой отсрочки отрасль будет иметь недостающие 25% средств на выполнение национальной программы [2].

Но все эти планы и ожидания могут быть перечеркнуты при введении свободных цен на энергоносители. Как показывают расчеты Комитета РФ по металлургии, повышение цен на уголь и энергоносители более чем в три раза приведет к серьезному кризису не только в черной металлургии, но и во мгногих отраслях [2].

В 1992 году приватизацией было охвачено большинствао предприятий отрасли (171 отчитавшееся из 221). Около 70% предприятий (92 из 221) выбрали второй ее вариант (51% акций принадлежит персоналу). Остается пока не достигнутой главная цель приватизации: она не способствует стабилизации производства и не обеспечивает роста производителбности труда. В Комитете РФ по металлургии считают, что существующее законодательство не дает возможности органам федеральной исполнительной власти оказывать влияние на процессы акционирования подведомственных предприятий. Основным средством государственного влияния комитет видит сохранение в федеральной собственности на 3 года контрольного пакета акций и выпуск при эмиссии акций этих предприятий "Золотой акции". При этом комитет намерен представлять интересы государства по акциям, закрепленным в федеральной собственности [2].

**Разработка технологической схемы производства стали марки 35Г2.**

1. Характеристика марки стали 35Г2 [7].

*Химический состав.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  С |  Si |  Mn |  P |  S |  Cu |  Cr |  Ni |
| 0,31-0,39 | 0,17-0,37 | 1,4-1,8 | 0,035 | 0,035 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |

*Назначение* - валы, полуоси, цапфы, рычаги сцепления, вилки, фланцы, коленчатые валы, шатуны, болты, кольца, кожухи, шестерни и другие детали, применяемые в различных отраслях машиностроения, к которым предъявляются требования повышенной износостойкости.

*Технологические свойства:*

Температура ковки, C: начала 1200, конца 800.

Свариваемость - РДС, необходимый подогрев и последующая термообработка, КТС, требуется последующая термообработка.

Обрабатываемость резанием - при HB 156-207 K тв.спл.=0,85,

Кб.ст.=0,65

Флокеночувствительность - чувствительна.

Склонность к отпускной хрупкости - склонна.

2. Анализ состава чугуна, внедоменная обработка чугуна, определение расхода реагентов на обработку.

*Химический состав чугуна:*

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  С |  Si |  Mn |  S |  P |
|  4,8 |  0,85 |  0,75 |  0,08 |  0,24 |

Содержание примесей в целом соответствует оптимальному, за исключением серы, содержание которой в чугуне составляет 0,08% и является недопустимым, т. к. невозможно тогда получить сталь с содержанием серы менее 0,035%. С целью уменьшения содержания серы в чугуне проводится внедоменная десульфурация порошкообразной известью в потоке природного газа в ковшах миксерного типа.

Десульфурация чугуна известью.

[S]н=0,08

[S]к=0,03

Tч=1315С

[S]к=0,005+4,05[S]н/2,2q+0,23(S)изв.

[S]изв.=0,022

q=4,05[S]н/{2,2([S]к-0,005-0,23(S)изв.)}

q=4,05\*0,08/2,2(0,03-0,005-0,23\*0,022)=7,39 кг/т чуг

3. Определение максимально возможной доли лома.

Приход тепла

1) Qчуг.физ.=100[0,7451200+217+0,88(1290-1200)]=119020 кДж

С=4,8-0,9050,3=4,528

Si=0,85

Mn=0,75-0,9050,1=0,66

P=0,24-0,9050,02=0,222

 Qчуг.хим.=14786\*4,528+28160\*0,85+7000\*0,66+29606\*0,222=102079 кДж

3) Gшл.=100[(1+3)\*2,14\*0,85+1,29\*0,66+2,29\*0,222+1]/(100-10)=10,71 кДж

 Q FeO=4225\*0,01\*10\*10,71=4525 кДж

4) Q Fe дым=5100\*1,5=7650 кДж

Qприх.=233274 кДж

Расход тепла

1) Qст.физ.=90,3[0,7\*1500+276+0,84(1539-80\*0,3+100-1500)]=128400 кДж

2) Qшл.физ.=10,17(1,25\*1615+210)=22666,4 кДж

3) Qгаз.физ.=0,9\*4,528\*1500\*1,176\*28/12+0,1\*4,528\*1500\*1,892\*44/12=20204 кДж

4) Qдым=(1,23\*1500+210)\*2,14=4398 кДж

5) Qпот.=(128400+22666+20204+4398)\*3/97=5433 кДж

Qрасх.=181101 кДж

Q=233274-181101=52173 кДж

Q'=-1020,79+1284+214,521=477,7 кДж

Gл=52173\*[1+477,7/(1190,2+1020,79)]/(1190,2+1020,79)=28,69 %

Повышение доли лома в шихте конвертера достигается путем увеличения прихода тепла в рабочее пространство конвертера. При переходе на работу с комбинированным дутьем несколько снижается количество поступающего в конвертер тепла в следствие меньшего развития окислительных реакций в ванне по сравнению с обычной продувкой кислородом сверху, а также охлаждающего действия донного дутья инертным газом.

С целью увеличения прихода тепла в рабочее прстранство конвертера используют комбинацию увеличения степени дожигания СО и предварительный нагрев лома.

Для увеличения степени дожигания CO используют двухъярусные фурмы. При этом большая часть образующегося CO2 является результатом взаимодействия с СО вторичного кислорода дутья верхнего яруса. При этом объем отходящих газов не увеличивается и нагрузка на газоочистку не возрастает.

Кроме того используют предварительный нагрев лома до 600С в полости конвертера природным газом.

Qдоп. лом=(600-20)\*28,69\*0,7=11648 кДж

q=11648/(1190,2+1020,79)=5,27%

Qco=0,3\*23583\*0,3\*4,528=9610,5 кДж

q=9610,5/(1190+1020,8)=4,35%

Gл. max=28,69+5,27+4,35=38,31%

4. Продувка.

Комбинированное дутье способствует более полному рафинированию металла от примесей, обеспечивает повышение выхода годного.

Применение донной продувки инертным газом способствует интенсивному перемешиванию металлической ванны и соответственно приближает к равновесию реакции между металлом и шлаком.

Наибольшее распространение из этой группы процессов получил LBE-процесс (Lance-Bubling-Equilibrum), разработанный фирмой ABBED (Люксембург) и институтом IRSID (Франция). Процесс LBE предусматривает вдувание в металлическую ванну через пористые огнеупорные блоки в днище конвертера инертного газа (Ar, N2, CO2) в сочетании с верхним кислородным дутьем. Для верхней продувки используют специальную двухъярусную фурму, в которой кроме обычных сопел, предназначенных для вдувания кислорода в ванну, имеется ряд отверстий для потока кислорода для дожигания CO до CO2. Продувку инертным газом через пористые блоки начинают за несколько минут до окончания кислородной продувки сверху и продолжают ее в течение 1-2 мин после прекращения верхнего дутья. Опыт работы 310- и 210-т конвертеров LBE свидетельствует о повышении выхода годного на 0,5-0,6%, снижении расхода алюминия и кислорода на 1,2 м3/т. Благодаря высоким технико-экономическим показателям LBE-процесс широко внедрен в практику кислородно-конвертерного производства.

Для футеровки используются периклазоуглеродистые огнеупоры. Они обладают высокой термостойкостью, повышенной устойчивостью к проникновению шлака; на их поверхности образуется прочное шлаковое покрытие, которое обеспечивает высокую стойкость футеровки.

С целью повышения стойкости футеровки применяется доломитизированная известь.

**Продувка.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  С |  Si |  Mn |  S |  P |  Cu |  Cr |  Ni |
| Чугун 61,7% | 4,8 | 0,85 | 0,75 | 0,03 | 0,24 |   |  |  |
| Лом 38,3% | 0,268 | 0,12 | 0,76 | 0,039 | 0,039 | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| ЖУР | 3,06 | 0,57 | 0,75 | 0,033 | 0,163 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Полупродукт | 0,3 | 0 | 0,1 | 0,025 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |

Количество окислившихся примесей, кг/100 кг м.ш.

С: 3,06-0,905\*0,3=2,788

Si: 0,57

Mn: 0,75-0,905\*0,1=0,659

S: 0,033-0,905\*0,025=0,01

P: 0,163-0,905\*0,02=0,145

Расход кислорода на окисление примесей

C: 0,7\*2,788\*16/12+0,3\*2,788\*32/12=4,832

Si: 0,57\*32/28=0,65

Mn: 0,659\*16/55=0,192

S: 0,1\*0,01\*32/32=0,001

P: 0,145\*5\*32/4/31=0,187

Fe: 1,5\*3\*32/4/56=0,643

[O]: 0,9\*0,01\*16/32=0,0045

=4,832+0,65+0,192+0,001+0,187+0,643-0,0045=6,5

Определение расхода извести

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| состав | SiO2 | CaO | MgO | Al2O3 | Fe2O3 |  C | H2O | CO2 |
| известь | 3 | 70 | 23 |  | 1 |  | 1 | 2 |
| боксит | 20 | 4 |  | 52 | 18 |  | 6 |  |
| футеровка |  | 6,8 | 79,2 |  |  | 14,0 |  |  |

 CaO SiO2

из футеровки 0,02

из боксита 0,024 0,12

из извести 0,7y 0,03y

из металлошихты 1,22

3=(0,044+0,7y)/1,34+0,03y)

y=6,518

Химический состав шлака

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| источник шлака | SiO2 | CaO | MgO | Al2O3 |  S | MnO | P2O5 | Fe2O3 | FeO |
| металлошихта | 1,22 |  |  |  | 0,009 | 0,851 | 0,332 | 0,088 | 0,78 |
| футеровка |  | 0,02 | 0,28 |  |  |  |  |  |  |
| боксит | 0,12 | 0,022 |  | 0,312 |  |  |  | 0,108 |  |
| известь | 0,195 | 4,56 | 1,5 |  |  |  |  | 0,065 |  |
| итого, кг | 1,513 | 4,602 | 1,78 | 0,312 | 0,009 | 0,851 | 0,332 | 0,261 | 0,78 |
|  % | 20,16 | 48,18 | 4,16 | 4,49 | 0,001 | 9,21 | 3,779 | 2,5 | 7,5 |

масса шлака без оксидов Fe =9,399 кг

FeO=10%

Mшл.=8,319/0,9=10,44 кг

Масса оксидов Fe = 10,44-9,399=0,921 кг

FeO=0,783 кг

Fe2O3=0,261 кг

0,261-0,065-0,108=0,088 Fe2O3 поступит из Ме

0,792 Fe уходит в шлак

0,2 кислорода расходуется на окисление до FeO и Fe2O3

=100-0,792-1-0,5-1,5-4,172=92,04

1000/0,9204=1086,78 кг/т - расход металлошихты

383/0,9204=416,12 кг/т - расход лома

O2=6,5+0,2=6,7 кг

95% O2 усвоится

Состав технического кислорода : 99,5% O2, 0,5% N2

Расход технического кислорода : 6,7\*22,4/(32\*0,95\*0,995)=4,962 м3

V N2 =4,962\*0,005=0,0248 м3

M N2 =0,0248\*28/22,4=0,031 кг

V O2 неусв.=(4,962-0,031)\*0,05=0,246 м3

M O2 неусв.=0,246\*32/22,4=0,352 кг

M O2 техн.=6,7+0,031+0,352=7,083 кг

q O2 =49,62/0,9204=53,91 м3/т

=53,91/3,5=15,4 мин.

q Ar =6\*0,1=0,6 м3/т

 Cостав и количество отходящих газов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  кг/100 кг м.ш. |  м3 |  % |
| CO2 | 3,0668 | 1,4312 | 25,92 |
| CO | 4,554 | 3,6432 | 65,98 |
| H2O | 0,0688 | 0,0856 | 1,55 |
| O2 | 0,352 | 0,2464 | 4,46 |
| N2 | 0,031 | 0,0248 | 0,46 |
| SO2 | 0,002 | 0,0007 | 0,01 |
| Ar | 0,06 | 0,0896 | 1,62 |
|  | 8,1146 | 5,5215 | 100 |

 Материальный баланс

|  |  |
| --- | --- |
|  Поступило |  Получено |
| № |  | кг/100 кг | № |  | кг/100 кг |
| 1 | чугун | 61,7 | 1 | полупродукт | 92,04 |
| 2 | лом | 38,3 | 2 | шлак | 10,44 |
| 3 | известь | 6,518 | 3 | газы | 8,115 |
| 4 | боксит | 0,6 | 4 | корольки | 0,5 |
| 5 | футеровка | 0,3 | 5 | выброс | 1,0 |
| 6 | технический кислород | 7,08 | 6 | пыль | 2,143 |
| 7 | аргон | 0,06 | 7 | итого | 114,24 |
| 8 | итого | 114,54 |  |  |  |

Невязка 0,3 (0,26%)

5. Внепечная обработка. Разливка.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  С |  Si |  Mn |  S |  P |  Cu |  Cr |  Ni |
| Полупродукт | 0,3 |  | 0,1 | 0,025 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |
| Сталь | 0,31-0,39 | 0,17-0,37 | 1,4-1,8 | 0,035 | 0,035 | 0,30 | 0,30 | 0,30 |

Легирование силикомарганецем СМн14

р=1,4/0,8\*0,65=2,69 кг/100 кг

[Si]=2,69\*0,14\*0,8=0,3 кг

[Mn]=0,1+1,4=1,5 кг

[C]=0,3+2,69\*0,8\*0,025=0,354 кг

[P]=0,02+2,69\*0,8\*0,0025=0,025 кг

[S]=0,025+2,69\*0,8\*0,0003=0,026 кг

Ввиду ответственности выплавляемой стали необходимо провести ее внепечную обработку с целью дегазации и усреднения.

Для внепечной обработки используется установка циркуляционного вакуумирования (RH-процесс). Для этого процесса характерна высокая степень удаления водорода, большая гибкость и экономичность. Продолжительность обработки составляет 25 мин.

Разливка производится на МНЛЗ. Это позволяет увеличить выход годного проката на 6-12%. Вследствие малых поперечных размеров слитка и высокой скорости кристаллизации стали ограничивается развитие ликвации. Слиток, отлитый на МНЛЗ, затвердевает в стабильных условиях и имеет высокую структурную и химическую однородность. Неприрывно литые слитки или заготовки прокатывают непоследственно на листовых или сортовых станах. Применение неприрывной разливки стали позволяет исключить из производственного цикла операции по подготовке разливочного состава или канавы, прокатке на обжимных станах и других. Все это приводит к снижению капитальных затрат, устранению ряда трудоемеих операций, сокращению длительности производственного цикла от выпуска стали до получения готового проката.

Используется криволинейная МНЛЗ, которая имеет меньшую общую высоту.

6. Годовая производительность цеха.

Продолжительность цикла:

|  |  |
| --- | --- |
|  Операци | Продолжительность, мин |
| 1) Осмотр конвертера |  6 |
| 2) Завалка лома и извести |  2 |
| 3) Подогрев лома |  15 |
| 5) Заливка чугуна |  2 |
| 5) Продувка |  18 |
| 6) Отбор проб, замер температуры, ожидание анализа |  4 |
| 7) Выпуск металла |  5 |
| 8) Выпуск шлака |  2 |
|  Итого |  54 |

Производительность цеха в составе 3-х конвертеров, работающих без использования резервного времени.

P=1440\*300\*0,97\*365\*2/54=5664800 т/год

7. Таблица удельных расходов на 1 тонну годных заготовок.

|  |  |
| --- | --- |
| Компонент | Расход, кг/т годных заготовок |
| чугун |  691,1 |
| лом |  429 |
| известь |  73 |
| боксит |  6,7 |
| футеровка |  3,4 |
| технический кислород |  79,3 |
| аргон |  0,67 |
| природный газ |  7,1 |
| силикомарганец СMн14 |  30 |

8. Выводы.

В резулитате предпринятых мер удалось увеличить долю лома в шихте конвертера до 38,3%. Для процесса применены современные материалы (такие как переклазоуглеродистая футеровка, доломитизированная известь) и современная внепечная обработка стали (RH-процесс), что способствует улучшению технико-экономических показателей и получению стали необходимого качества.

Список использованной литературы.

1. В.Г. Антипин, С.З. Афонин, Л.К. Косырев "О направлении развития и структуре сталеплавильного производства", "Сталь" №3 1993 г.

2. Дмитрий Леонтьев "Черная металлургия России не ждет помощи от государства", "Финансовые известия" №45 1993 г.

3. О.Н. Сосковец "Техническое перевооружение и развитие металлургии в России", "Сталь" №6 1993 г.

4. В.И. Явойский и другие "Металлургия стали", "Металлургия", 1983 г.

5. П.П. Арсентьев и другие "Конвертерный процесс с комбинированным дутьем", "Металлургия", 1991 г.

6. М.П. Клюев "Лекции по металлургии стали",  С.С. Аникушин, Москва, 1993 г.

7. Марочник сталей и сплавов, Машиностроение, 1989 г.