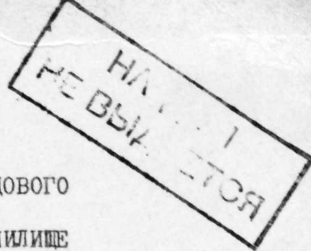


М 355975.



МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ
ИМЕНИ Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

СУРКОВ Анатолий Александрович

УПРОЧНЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ МЕТОДОМ
КАРБОНИТРАЦИИ

/ Специальность 05.16.01 - "Металловедение
и термическая обработка металлов" /

Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Москва, 1979 г.

МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ
ИМЕНИ Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

СУРКОВ Анатолий Александрович

УПРОЧНЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ МЕТОДОМ
КАРБЕНИТРАЦИИ

/ Специальность 05.16.01 - "Металловедение
и термическая обработка металлов" /

Автореферат

диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Москва, 1979 г.

НТБ МГТУ им. Н.Э.Баумана



1355975

Сурков А.А. Упрочнение кс

M 355945

Работа выполнена в Московском Высшем Техническом Училище
им. Н.Э.Баумана.

Научный руководитель:
профессор, доктор технических наук Прокошкин Д.А.

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор Минкевич А.Н.
кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Волкova P.M.

Ведущее предприятие:
Волжский автомобильный завод

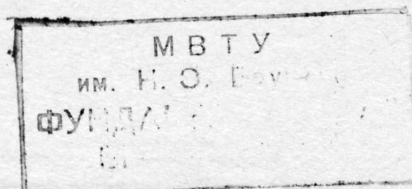
Защита состоится 1979 г.
на заседании специализированного Совета К 053.15.13 по ме-
талловедению и горячей обработке металлов Московского ордена
Ленина и ордена Трудового Красного Знамени высшего техничес-
кого училища имени Н.Э.Баумана по адресу: г. Москва, 107005,
2-я Бауманская, 5.

С диссертацией можно ознакомиться в технической библио-
теке института.

Автореферат разослан " ____ " _____ 1979 г.

Ученый секретарь Совета
кандидат технических наук, доцент

О.А. Беликов — О.А. Беликов



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Надежность и производительность, определяющие технический уровень и качество современных машин и механизмов, во многом зависят от износостойкости и усталостной прочности их деталей. Наиболее эффективным способом повышения этих характеристик является химико-термическая обработка. При этом низкотемпературные процессы насыщения стали в расплавах солей имеют существенные преимущества перед распространенными в настоящее время высокотемпературными процессами /цементацией и нитроцементацией/, а также газовым азотированием. Большим преимуществом низкотемпературных процессов перед высокотемпературными является отсутствие коробления изделий.

В результате одновременного насыщения азотом и углеродом на поверхности стали образуется карбонитридная фаза достаточно пластичная, обладающая высокой твердостью и износостойкостью в отличие от хрупкой нитридной фазы, образующейся при газовом азотировании. Это позволяет исключить трудоемкие операции последующей механической обработки, которые необходимы после цементации, нитроцементации и газового азотирования. Процессы насыщения в расплавах солей непродолжительны и экономичны.

Длительное время широкое применение этих процессов сдерживала токсичность используемых солей.

Процесс карбонитрации, созданный в МВТУ им. Баумана профессором Прокошкиным Д.А., сочетает в себе все преимущества процессов насыщения в жидких средах с нетоксичностью применяемых солей и процесса в целом. Однако, структура карбонитрированных конструкционных сталей была мало изучена. Отсутствие данных об особенностях формирования структуры поверхностных слоев, закономерностях диффузии насыщающих элементов, о влиянии химического состава стали на структуру и механические свойства поверхностных слоев не позволяло обоснованно выбирать оптимальные параметры процесса карбонитрации и применять его для упрочнения деталей машин.

В связи с этим исследование влияния карбонитрации на структуру и свойства конструкционных сталей является весьма актуальной проблемой.

Цель работы. Выяснение природы упрочнения конструкционных сталей карбонитрацией и особенностей формирования структуры этих сталей при насыщении их в расплавах на основе цианата калия.

Определение рациональных режимов карбонитрации конструкционных сталей. Разработка рекомендаций по выбору марок сталей для изделий, упрочняемых карбонитрацией. Обоснование возможности практического применения процесса для повышения износостойкости и усталостной прочности деталей машин.

Научная новизна. Установлены закономерности диффузии азота и углерода в поверхностных слоях конструкционных сталей при насыщении их в расплавах на основе циановокислого калия. Установлено влияние параметров процесса /температуры, длительности насыщения, состава расплава/ и режимов охлаждения на фазовый состав, структуру и свойства поверхностных слоев карбонитрированных конструкционных сталей.

Рассчитаны области гомогенности карбонитридной ϵ -фазы, легированной хромом и марганцем. Экспериментально подтверждены сделанные на основе этих расчетов выводы о влиянии легирующих элементов на фазовый состав, структуру и свойства карбонитридного слоя. Определены износостойкость и задиростойкость поверхностных слоев карбонитрированных конструкционных сталей в сравнении с цементованными и азотированными.

Практическая ценность. Полученные в данной работе зависимости свойств конструкционных сталей от параметров процесса карбонитрации и химического состава стали позволили разработать технологию упрочнения этим методом деталей машин и дать рекомендации по выбору конструкционных сталей для изделий, подвергаемых карбонитрации.

Производственные испытания карбонитрированных деталей ткацких станков и трубопроводной арматуры показали высокую эффективность этого способа упрочнения. Срок службы шестерен привода рапир ткацких станков типа АТПР в результате обработки карбонитрацией повысился в 1,5 раза. Экономический эффект от внедрения карбонитрации этих деталей составил более 75 тыс. рублей в год. Применение карбонитрации кулаков батанного узла тех же станков позволило повысить рабочие нагрузки пары кулак-ролик. Испытания пар трения трубопроводной арматуры показали, что карбонитрация этих деталей позволяет повысить их стойкость в 1,5 раза по сравнению с газовым азотированием.

Объем работы. Диссертация изложена на 122 страницах машинописного текста и состоит из оглавления, введения, пяти глав и выводов, в том числе 16 таблиц и 75 рисунков. Список используемой литературы содержит 110 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит обоснование актуальности проблемы исследования, постановки задачи и необходимости проведения данной работы.

В первой главе приводятся литературные сведения о фазах, образующихся при насыщении стали азотом и углеродом, структуре поверхностных слоев, образующихся при низкотемпературном насыщении азотом /газовое азотирование/, азотом и углеродом /низкотемпературное цианирование/, кинетике роста диффузионных слоев.

На основании анализа свойств поверхностных слоев, технологических особенностей процессов насыщения в различных средах делается вывод о существенных преимуществах химико-термической обработки в расплавах солей. Отмечается, что процесс низкотемпературного цианирования и тенифер-процесс, которые проводятся в расплавах цианистых солей, позволяют получить на поверхности стали карбонитридный слой более пластичный, твердый и износостойкий, чем чисто нитридный, образующийся при газовом азотировании, в результате чего отпадает необходимость последующей механической обработки.

Однако токсичность используемых солей является основным препятствием для широкого применения процессов насыщения в цианид-цианатных ваннах.

Приводятся основные сведения о процессе карбонитрации, заключающемся в насыщении поверхности стали азотом и углеродом в расплаве солей на основе цианата калия. Отмечена нетоксичность применяемых солей и процесса в целом.

В заключение главы формулируется цель и основные задачи исследования.

Во второй главе приведены химический состав исследованных сталей, режимы их упрочняющей обработки, методы исследования структуры и свойств карбонитрированных сталей.

В работе были исследованы нелегированные конструкционные

стали с содержанием углерода от 0,2 до 0,8% вес., а также стали, содержащие наиболее широко распространенные легирующие элементы: хром /до 3% вес./, марганец /до 2% вес./, титан /0,1% вес./.

Исследования структуры проводили методами оптической и электронной микроскопии, химического, рентгеновского фазового, спектрального и микрорентгеноспектрального анализов.

Изложена методика определения внутренних напряжений и механических свойств /твердости, износостойкости, усталостной прочности/ карбонитрированных конструкционных сталей.

В третьей главе представлены результаты исследований микроструктуры, химического и фазового состава поверхностных слоев углеродистых конструкционных сталей, подвергнутых карбонитрации по различным режимам.

Исследования позволили установить, что в результате насыщения поверхности стали азотом и углеродом при карбонитрации происходит изменение фазового состава поверхностных слоев.

Поверхностный светлый нетравящийся слой состоит в основном из гексагонального ϵ - карбонитрида железа $Fe_3(N,C)$.

Этот слой назван карбонитридным. В результате быстрого охлаждения после насыщения /в воде/ слой получается монофазным. При медленном охлаждении /на воздухе/, вследствие изменения растворимости азота в ϵ -фазе с понижением температуры, в карбонитридном слое происходит выделение γ' -фазы Fe_4N и слой становится двухфазным.

Исследованиями кинетики роста диффузионных слоев установлено, что с увеличением длительности насыщения толщина каждого из слоев растет по законам близким к параболическим. С повышением температуры карбонитрации увеличиваются коэффициенты диффузии насыщающих элементов, что приводит к ускорению роста слоев.

Увеличение содержания поташа K_2CO_3 в ванне до 8% вес. мало снижает толщину карбонитридного слоя, так как уменьшение доли активной соли KCN при этом в некоторой степени компенсируется увеличением жидкотекучести ванны. Дальнейшее повышение содержания поташа приводит к заметному уменьшению толщины карбонитридного слоя, так как при этом происходит снижение жидкотекучести ванны из-за повышения температуры ее плавления. Для описания зависимости полной активности ванны от содержания в

ней поташа предложено выражение

$$A = K(1 - 2,174X) \left(1 - \frac{T_p}{T_n}\right)$$

где K — коэффициент, выбираемый исходя из единиц измерения активности ванны,

T_p — рабочая температура ванны,

T_n — температура плавления ванны,

X — весовая доля поташа в ванне.

Зависимость температуры плавления от содержания поташа может быть выражена следующим образом

$$T_n = 592 - 150X \text{ } ^\circ\text{K} \quad \text{при } 0 \leq X \leq 0,08$$

$$T_n = 498 + 9X + 0,145X^2 \text{ } ^\circ\text{K} \quad \text{при } X \geq 0,08$$

Высокая активность ванны при содержании поташа в ней до 8% вес. способствует образованию значительной пористости в поверхностной части карбонитридного слоя, а при содержании поташа свыше 20% ванна становится менее активной, что приводит к заметному уменьшению толщины карбонитридного слоя, поэтому рекомендовано состав ванны карбонитрации поддерживать в этих пределах.

Отсутствие отдельного слоя γ' -фазы, который, согласно диаграмме состояния $Fe - N - C$, должен находиться между карбонитридным и гетерофазным слоями, установлено методом рентгеновского фазового анализа. Расчет кинетики роста диффузионных слоев, проведенный точным решением уравнений диффузии и приближенным методом с использованием ЭВМ, показал, что скорость роста отдельного слоя γ' -фазы очень мала и выделение его термодинамически не выгодно.

Длительные выдержки при карбонитрации нелегированных сталей могут приводить к появлению пористости в поверхностной части карбонитридного слоя. Установлено, что возникновению пористости предшествует формирование столбчатой структуры карбонитридного слоя. При образовании пор по границам столбчатых кристаллов ϵ -фазы наблюдается заметное сниже-

ние веса образцов, вследствие растворения железа в ванне карбонитрации.

С помощью эмиссионной спектроскопии установлено, что одновременно с образованием пористости на поверхности стали протекают окислительные процессы, сопровождающиеся снижением поверхностной концентрации углерода.

Микрорентгеноспектральный анализ показал, что некоторое обезуглераживание происходит только в пористой части карбонитридного слоя. Концентрация углерода в беспористой части слоя остается достаточно высокой $\sim 1\%$.

Образование и рост пористости приводит к замедлению роста работоспособной, обладающей высокой твердостью, беспористой части слоя, а при увеличении выдержки в ванне карбонитрации свыше 2 часов толщина беспористого карбонитридного слоя уменьшается, поэтому длительность карбонитрации деталей из нелегированных конструкционных сталей не должна превышать 2 часов.

Последующий отпуск карбонитрированной стали приводит к выделению в карбонитридном слое δ' -фазы. Вокруг отпечатков, нанесенных алмазным конусом с помощью прибора Роквелл на поверхности отпущенных образцов возникают микротрещины, в то время как вокруг таких же образцов на поверхности не отпущенных сталей трещины не возникают. Это свидетельствует о том, что двухфазный слой менее пластичен, чем однофазный.

В процессе отпуска происходит также выделение δ' -фазы из пересыщенного азотом феррита. При этом пересыщенность феррита азотом уменьшается, что приводит к снижению уровня сжимающих напряжений в гетерофазном слое. Грубые игольчатые выделения δ' -фазы не оказывают упрочняющего действия, поэтому при отпуске снижается твердость гетерофазного слоя.

Все это показывает, что нелегированные стали могут быть применены для изготовления изделий, подвергаемых карбонитрации и эксплуатирующихся в условиях нагрева до $150^{\circ}-200^{\circ}\text{C}$.

Эффективным методом повышения служебных характеристик деталей машин, упрочняемых карбонитрацией, является использование для них легированных сталей.

В четвертой главе представлены результаты исследования влияния содержания хрома, марганца, титана на структуру и свойства поверхностных слоев карбонитрированных конструкционных сталей.

В связи с отсутствием экспериментальных данных о влиянии легирующих элементов на величину области гомогенности ϵ -фазы и техническими трудностями получения этих данных была проведена теоретическая оценка механизма такого влияния.

Сопоставлением ионизирующего потенциала кристаллической решетки ϵ -фазы с потенциалами ионизации легких элементов показано, что углерод и кислород, растворяясь в ϵ -фазе, ионизируются до четырехвалентного состояния, а азот может ионизироваться не только до трехвалентного, но и до пятивалентного состояния. Это подтверждается совпадением экспериментально определенного нижнего предела области гомогенности ϵ -фазы с теоретически рассчитанным, в предположении ионизации азота в решетке до пятивалентного состояния.

Исходя из того, что устойчивость гексагональной решетки ϵ -карбонитрида железа определяется плотностью свободных электронов, был произведен расчет области гомогенности ϵ -фазы, легированной хромом и марганцем.

Плотность свободных электронов в легированной ϵ -фазе определяли как

$$S = Z_{Fe} \frac{A_{Fe}}{A_{Fe} + A_{\Lambda_3}} + Z_N \frac{A_N}{A_{Fe} + A_{\Lambda_3}} + Z_C \frac{A_C}{A_{Fe} + A_{\Lambda_3}} + \frac{A_{\Lambda_5}}{A_{Fe} + A_{\Lambda_3}} Z_{\Lambda_5}$$

где: S - количество свободных электронов на 1 атом решетки,

Z_i - заряд i -го элемента,

A_i - атомная доля i -го элемента.

Расчет показал, что хром расширяет область гомогенности ϵ -фазы за счет двухфазной области $\epsilon + \gamma'$, а марганец незначительно сужает ее.

Исследования фазового состава карбонитрированных легиро-

ванных сталей показали, что введение в сталь хрома резко уменьшает объемную долю γ' -фазы, выделяющейся в карбонитридном слое при медленном охлаждении, а при содержании хрома свыше 2% вес. выделение γ' -фазы полностью подавлено. Это может быть объяснено расширением области гомогенности γ' -фазы при легировании ее хромом.

Толщина диффузионных слоев уменьшается при увеличении содержания в стали хрома и марганца, так как они снижают коэффициенты азота и углерода в слоях. Расширение области гомогенности ϵ -фазы при легировании стали хромом приводит к тому, что толщина карбонитридного слоя при этом снижается не так значительно, как при легировании стали марганцем.

Хром затрудняет диффузию железа по границам столбчатых зерен ϵ -фазы и растворение его в ванне карбонитрации, в результате чего уменьшается склонность стали к порообразованию в карбонитридном слое. Такое же действие оказывает титан, вводимый в сталь в количестве 0,1%.

Легирование стали позволяет получить более высокую твердость карбонитридного и гетерофазного слоев, особенно при легировании хромом.

Повышение растворимости азота в феррите, за счет введения хрома, приводит к повышению уровня сжимающих напряжений в поверхностных слоях.

Наконец легирование приводит к замедлению процессов выделения γ' -фазы в слоях при отпуске карбонитрированных сталей.

В пятой главе приведены результаты исследования износостойкости, задиростойкости и усталостной прочности карбонитрированных конструкционных сталей.

В процессе износа карбонитрированной стали можно выделить три этапа. На первом этапе происходит ускоренный износ пористой части карбонитридного слоя, что способствует лучшей прирабатываемости трущихся поверхностей. На втором этапе износу подвергается беспористый карбонитридный слой. Высокая твердость этого слоя определяет его высокую износостойкость, а достаточная пластичность карбонитридного слоя обеспечивает отсутствие сколов и выкрашивания.

Гетерофазный слой имеет меньшую твердость и износостойкость, чем карбонитридный, но вследствие большей толщины, вно-

сит значительный вклад в общее сопротивление износу карбонитрированной стали. На всех этапах износостойкость карбонитрированной стали значительно выше, чем износостойкость цементованных сталей того же состава.

При износе гетерофазного слоя карбонитрированной стали 20 на поверхности трения обнаружено возникновение участков структуры, подобной "белой зоне", состоящей из аустенита и гексагональной фазы типа Fe_3N , имеющей высокую твердость. Испытания показали, что эта структура устойчива, не склонна к выкрашиванию. Устойчивость этой структуры объясняется присутствием азота. Ее возникновение определило высокую износостойкость гетерофазного слоя.

Возникновение в поверхностных слоях сталей значительных сжимающих напряжений обусловило повышение усталостной прочности в результате карбонитрации на 50–60% по сравнению с улучшением.

Карбонитрация позволяет значительно повысить задиристость стали. Испытания плоских пар трения трубопроводной арматуры показали, что количество циклов, наработанное карбонитрированными парами до появления задира, в 2,5 раза больше, чем у азотированных пар.

Карбонитрация шестерен ткацких станков позволила снизить трудоемкость изготовления этих деталей, уменьшить деформацию внутреннего шлицевого отверстия, повысить срок службы в 1,5 раза. Экономический эффект от внедрения карбонитрации шестерен ткацких станков составил 75645 рублей.

Выводы

I. Исследования процессы формирования структуры поверхностных слоев конструкционных сталей при карбонитрации.

Установлено, что при карбонитрации конструкционных сталей происходит насыщение их поверхности как азотом так и углеродом. На поверхности стали возникает слой, состоящий из гексагонального ϵ -карбонитрида железа $Fe_3(N,C)$.

Возможность совместного растворения в ϵ -фазе азота и углерода показана сопоставлением ионизирующего потенциала решетки гексагональной ϵ -фазы с потенциалами ионизации легких элементов, их металлических радиусов с размерами пор

решетки.

Под карбонитридным расположен гетерофазный слой, структура которого аналогична исходной структуре металла, но феррит его пересыщен азотом и пронизан нитридами железа и легирующих элементов.

2. Методом эмиссионной спектроскопии установлено, что при карбонитрации конструкционных сталей поверхностная концентрация азота в течение длительного времени выдержки остается практически постоянной.

Зависимость поверхностной концентрации углерода от длительности насыщения носит сложный характер и определяется протеканием наряду с процессами насыщения процессов окисления и обезуглероживания под влиянием взаимодействия стали с расплавом.

3. Установлены закономерности диффузии азота и углерода в поверхностных слоях стали. Произведен расчет скоростей роста диффузионных слоев. Показано, что δ' -фаза в виде отдельного слоя присутствовать в конструкционных сталях не может, так как это термодинамически не выгодно.

4. Установлено, что длительные выдержки при карбонитрации нелегированных сталей могут приводить к появлению пористости в поверхностной части карбонитридного слоя. Возникновению пористости предшествует формирование столбчатой структуры слоя. Образование пор происходит вследствие диффузии железа по границам столбчатых зерен ϵ -карбонитридной фазы к поверхности и растворения его в ванне карбонитрации.

Развитие пористости можно подавить за счет введения в сталь легирующих элементов, затрудняющих протекание диффузии по границе зерен.

5. Выявлено влияние состава ванны карбонитрации на закономерности образования диффузионных слоев.

Показано, что увеличение содержания поташа до 8% вес. не снижает активность ванны и поэтому мало влияет на толщину карбонитридного слоя.

При концентрации поташа в ванне свыше 8% вес. активность ванны становится меньше, что сопровождается замедлением роста слоев, однако при этом сильно снижается пористость поверхности.

6. Установлена зависимость фазового состава и механичес-

ких свойств поверхностных слоев сталей от условий их охлаждения после карбонитрации.

Ускоренное охлаждение приводит к образованию монофазного карбонитридного слоя (ϵ -фаза), а в гетерофазном слое фиксируется пересыщенный твердый раствор азота в феррите.

Показано, что монофазный карбонитридный слой более пластичен, чем двухфазный.

7. Рассчитаны области гомогенности карбонитридной ϵ -фазы, легированной хромом и марганцем. Показано, что хром расширяет область гомогенности за счет двухфазной области $\epsilon + \delta'$, а марганец незначительно сужает ее.

8. Исследовано влияние состава сталей на структуру и свойства диффузионных слоев.

Установлено, что увеличение содержания хрома, марганца и углерода в стали препятствует росту диффузионных слоев. При этом легированные стали по сравнению с нелегированными имеют значительно более высокую поверхностную твердость. Наибольшее упрочняющее действие оказывает хром.

Хром, кроме того, в значительной степени снижает пористость карбонитридного слоя. Наибольшая толщина работоспособного беспористого карбонитридного слоя может быть получена на стали, содержащей 1% вес. хрома. Образование пористости эффективно тормозит титан, вводимый в сталь в количестве 0,1% вес.

9. Исследовано распределение и толщина остаточных напряжений в поверхностных слоях карбонитрированных сталей. Высокий уровень этих напряжений обуславливает высокое значение усталостной прочности карбонитрированных сталей (на 50-60% выше, чем у тех же сталей в улучшенном состоянии).

10. Выявлено значительное повышение износостойкости и задиростойкости конструкционных сталей в результате карбонитрации.

Установлено, что износ карбонитрированной стали происходит в три этапа: износ пористой части карбонитридного слоя (приработка), износ беспористой части слоя и износ гетерофазного слоя. Наибольшей износостойкостью обладает карбонитридный слой.

На всех этапах скорость износа карбонитрированных сталей значительно меньше скорости износа улучшенных и цементованных сталей того же состава.

11. Обнаружено, что в процессе износа гетерофазного слоя в нем могут возникать участки особой структуры (типа "белой зо-

ны"), состоящей из аустенита и гексагональной фазы типа Fe_3N . Эти участки имеют высокую твердость и характеризуются повышенной устойчивостью, что способствует повышению износостойкости гетерофазного слоя.

12. Производственные испытания показали целесообразность промышленного применения карбонитрации для упрочнения деталей конструкций, работающих в тяжелых условиях износа и циклического нагружения.

Основное содержание диссертации докладывалось на:

1. Заседании секции "Металловедение и термическая обработка" МДНП им. Ф.Э.Дзержинского, Центрального и Городского Правления НТО Машпром. Москва, 1977 г.

2. Семинаре "Применение прогрессивных процессов термообработки при изготовлении изделий отрасли". Тула, 1977 г.

3. Научно-техническом симпозиуме "Термическая и химико-термическая обработка в машиностроении". Саратов, 1978 г. и опубликовано в следующих работах:

1. Д.А.Прокошкин, А.В.Супов, А.А.Сурков, Т.И.Яшина. Исследование износостойкости конструкционных сталей, подвергнутых карбонитрации. "Известия ВУЗов, Машиностроение", 1978, № 9.

2. Д.А.Прокошкин, А.В.Супов, А.А.Сурков. Карбонитрация конструкционных сталей и инструмента. Труды МВТУ № 280, "Структура, свойства, термическая обработка стали и сплавов", М., 1978.

3. А.А.Сурков, С.А.Скотников. Исследование процесса азотирования в цианатных ваннах методом эмиссионной спектроскопии. В сб. Тезисы докладов Научно-технического симпозиума "Термическая и химико-термическая обработка в машиностроении". Саратов, 1978 г.

Л-73657 от 23.07.79 Тип. МВТУ Объем I п.л. Тир 100
Зак 971

