

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ШИМКО Елена Владимировна

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ ХОЛОДНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ
С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ

Специальность: 05.16.01 - "Металловедение и термическая
обработка металлов"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00777105 (R)

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ШИМКО Елена Владимировна

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ ХОЛОДНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ
С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ

Специальность: 05.16.01 – "Металловедение и термическая
обработка металлов"

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Донецк – 1994

ЛНБ ім. В. Стефанива
АН України

Диссертация является рукописью.

Диссертационная работа выполнена в НИО "НИИТМаш" г.Краматорска

Научный руководитель - профессор, доктор технических наук
Моисеев В.Ф.

Официальные оппоненты - профессор, доктор технических наук
Белкин М.Я.

- доцент, кандидат технических наук
Марчук С.И.

Ведущее предприятие - Краматорское станкостроительное
производственное объединение

Защита состоится 24 ноября 1994 года в 12.15 ча-
сов в аудитории 353 пятого учебного корпуса на засе-
дании специализированного совета Д 068.20.01 в Донецком госу-
дарственном техническом университете (340000, г.Донецк,
ул.Артема, 58).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Донецкого
государственного технического университета.

Автореферат разослан "14 октября" 1994 года

Ученый секретарь
специализированного совета
Д 068.20.01, доктор технических
наук, профессор


В.С.Сапиро

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Развитие машиностроения должно осуществляться преимущественно интенсивным путем с использованием прогрессивных технологий. Актуальной при этом является проблема обеспечения гарантированной стойкости штамповой оснастки, стойкость которой на одну треть зависит от качества термической обработки.

Выбор наиболее рациональных режимов термической обработки при изготовлении штампов требует подробных сведений об уровне основных механических свойств (твердости, прочности и вязкости), получаемых с помощью этой обработки. Для большинства марок сталей имеющаяся по данному вопросу информация ограничена, отсутствие ее сдерживает рациональное использование штамповых сталей.

Контроль качества проведения термообработки по твердости не позволяет оценивать однозначно полноту превращений при закалке и отпуске, получение требуемого структурно-фазового состояния.

Цель работы - исследование структурно-фазового состояния и обоснование характерных закономерностей изменения структуры и свойств штамповых сталей, разработка оптимальных технологий термической обработки и способа контроля качества, обеспечивающих гарантированную стойкость штампового инструмента.

Научная новизна работы состоит в установлении характера изменения свойств углеродистых и легированных штамповых сталей в результате предвыделения углерода в первичном мартенсите, выделения из него или растворения в нем карбидов при низкотемпературном отпуске; установлении соотношения между количеством мартенсита и остаточного аустенита, не

вызывающего образование трещин при закалке легированных сталей в воде; уточнении механизма упрочнения штамповых сталей с 12% хрома при закалке и отпуске; разработке критериев оценки качества закалки и отпуска.

Практическая ценность работы состоит в разработке режимов отпуска для пуансонов и матриц из углеродистых и легированных сталей, работающих в условиях повышенного износа и значительных динамических нагрузок; разработке режимов закалки и отпуска для получения минимальных деформаций после термообработки; разработке режимов закалки высокоуглеродистых и легированных сталей в воде, исключающих образование трещин; разработке режимов закалки и отпуска высоколегированных штамповых сталей с 12% хрома, обеспечивающих высокую теплостойкость; разработке методов выбора оптимальных режимов термообработки и контроля качества их проведения по количеству остаточного аустенита.

Личный вклад диссертанта в разработку научных результатов, которые выносятся на защиту.

На защиту выносятся: механизм упрочнения штамповых сталей при низкотемпературном отпуске; критерий оценки качества закалки легированных штамповых сталей; экологически чистые режимы закалки в воде легированных штамповых сталей; режимы отпуска стали X12MФ на вторичную твердость в зависимости от количества остаточного аустенита после закалки; режимы закалки и отпуска, обеспечивающие минимальную деформацию. Диссертантом обоснованы теоретические положения, практически опробованы и внедрены в промышленность ее результаты работы.

Реализация результатов работы. Результаты работы внедрены на АО "НКСЗ" и ПО "Эжмаш".

Апробация работы. Материалы работы доложены и обсуждены на научно-технической конференции Краматорского индустриального института в 1989 году, на Всесоюзной научно-технической конференции "Обобщение опыта работы молодых ученых, инженеров и рабочих отрасли по экономии материальных и энергетических ресурсов" в г.Донецке, 1989 г и на семинарах отдела физических и химических методов исследований НПО "НИИТМаш" в 1990-1991 гг (г.Краматорск, Донецкой области).

Публикации. Основное содержание диссертационной работы опубликовано в 7 работах.

Съем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 8 глав, выводов, содержит 229 страниц машинописного текста, 77 рисунков, 18 таблиц, список источников, включающий 89 наименований, 3 приложения представлены материалы, подтверждающие внедрение результатов работы.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

I, Состояние вопроса

По литературным данным в ближайшем будущем сохранится применение для изготовления штампов холодного деформирования стандартных сталей. Значительные средства будут направлены на разработку новых способов термической обработки и методов контроля качества их проведения, повышающих стойкость штампов. Предпочтение будет отдаваться:

- режимам предварительной термической обработки, повышающим однородность структуры, улучшающим обрабатываемость резанием, уменьшающим коробление при последующей закалке;

- режимам термообработки, разработанным с применением ЭВМ в системе САПР, позволяющим оптимизировать процессы с учетом многих технологических и эксплуатационных факторов.

2. Методика проведения исследований

Для исследований использовали штамповые стали У10, 7ХГ2М и Х12МФ промышленного производства. Ковку заготовок и термообработку образцов производили в условиях НПО "НИИТмаш" и ПО "НМЗ". Планирование опытов производили по методу симплексных решеток. Микроструктуру изучали, используя микроскопы "Неофот-21" и ЭМБ-100л, для количественной оценки карбидов "Квантимет-720". Рентгеноструктурный анализ проводили на установках ДРОН-3,0 в железном K_{α} и кобальтовом K_{β} излучениях. Дилатометрический анализ проводили на дилатометре УДД с записью результатов на диаграммной ленте. С помощью дилатометрического анализа определяли деформацию при закалке и отпуске. Количество остаточного аустенита и коэрцитивную силу определяли магнитометрическим методом на баллистической установке БУ-3. Удельное электросопротивление определяли с использованием моста сопротивления Р-329. Твердость после отжига, закалки и отпуска определяли по методу Бринелля и Роквелла в соответствии с ГОСТ 9012-59 и 9013-59. Прочность отожженной стали Х12МФ при растяжении определяли согласно ГОСТ 1497-73. Прочность при изгибе и ударную вязкость определяли по методике, описанной в монографии Э.А.Геллера. Фазовый химический анализ проводили по методу ЦНИИЧермета. Результаты опытов оценивали по среднему арифметическому значению, среднему квадратическому отклонению, коэффициенту вариации и размаху.

3. Влияние закалки и отпуска на структуру и свойства штамповых сталей холодного деформирования

Для стали У10 максимальная твердость после закалки достигается при 15-16% остаточного аустенита. При отпуске 100°C происходит предвыделение и выделение углерода из маргенсита,

что снижает напряжения (коэрцитивную силу). Факт такого явления подтверждает уменьшение ширины линии (110), вызванное выделением углерода, и увеличение ширины линии (222), объясняемое увеличением микронапряжений в результате предвыделения, уменьшения асимметрии линии (110), характеризующее преобладающее влияние предвыделений над выделениями. Предвыделение и выделение карбидов повышает твердость (на 0,5 HRC₃), прочность и вязкость стали. При отпуске от 100 до 125⁰C увеличивается коэрцитивная сила, асимметрия линии (110), что можно объяснить выделением большого количества мелкодисперсных карбидов. После отпуска от 100 до 125⁰C на 0,5 - 1,0 HRC₃ снижается твердость, прочность и вязкость повышаются. При отпуске от 125 до 150⁰C снижается асимметрия линии (110) и вязкость стали, замедляется снижение твердости, что можно объяснить растворением некоторой части выделяющихся карбидов, имеющих большой запас свободной энергии, в мартенсите и охрупчиванием стали, не изменяется прочность.

Отпуск от 150 до 200⁰C увеличивает асимметрию линии (110) мартенсита, намагниченность насыщения, снижает коэрцитивную силу (уровень напряжений) и твердость, что можно объяснить выделением карбидов. При отпуске от 150 до 200⁰C видимо тоже имеет место предвыделение карбидов, поскольку ширина линии (222) резко замедляет свое снижение. При отпуске 200-250⁰C происходит превращение остаточного аустенита. Появление высокоуглеродистого мартенсита увеличивает электросопротивление, намагниченность насыщения, замедляет снижение твердости, уменьшает асимметрию линии (110), повышает прочность и снижает вязкость (отпускная хрупкость первого рода). Отпуск от 250 до 350⁰C снова приводит к увеличению асимметрии линии (110) в результате выделения карбидов из вторичного мартенсита. Этот

процесс, если судить по увеличению ширины линии (222), также начинается с предвыделений. При отпуске свыше 250°C происходит дальнейшее снижение твердости и повышение вязкости, прочность мало изменяется. Это можно объяснить выделением углерода в виде карбидов из матрицы. При отпуске от 350 до 400°C снова имеет место уменьшение асимметрии линии (110), что как и в случае отпуска в интервале от 125 до 150°C можно объяснить растворением в мартенсите некоторой части ранее выделившихся карбидов.

В результате проведенных исследований, в отличие от литературных данных, обнаружено охрупчивание стали У10 на более ранних стадиях отпуска, что объясняется растворением части карбидов в мартенсите и увеличением в нем углерода как и в случае превращения остаточного аустенита.

Установлены три интервала температур, в которых при отпуске в стали У10 происходит "предвыделение" и выделение карбидов. Первый - при отпуске до 100°C в исходном мартенсите, второй - при отпуске 150-175°C в мартенсите двухфазного распада и третий - при отпуске 250-300°C во вторичном мартенсите. Для промышленности рекомендованы: отпуск на высокую твердость и достаточно высокий уровень прочности и вязкости, который следует производить в интервале 100-125°C; отпуск при 200°C на высокие прочность и вязкость для штампов, работающих в условиях ударных нагрузок.

В стали 7ХГ2ВМ максимальная твердость после закалки достигается при 18-20% остаточного аустенита. При отпуске 100°C в результате предвыделения и выделения карбидов твердость несколько повышается. Предвыделение карбидов сопровождается заметным увеличением ширины линии (222), а выделение их уменьшением ширины линии (110). После отпуска 125°C в стали 7ХГ2ВМ

резко увеличивается асимметрия линии (110), подтверждающая выделение карбидов, что замедляет снижение твердости, повышает прочность и вязкость. При отпуске от 125 до 150°C уменьшается асимметрия линии (110), свидетельствующая о растворении в мартенсите карбидов, имеющих высокий запас свободной энергии, что сопровождается снижением ударной вязкости, замедлением снижения твердости, незначительным повышением прочности. При 175°C отпуска происходит предвыделение карбидов, что заметно по уширению линии (222). Это замедляет снижение твердости. Превращение остаточного аустенита в мартенсит в наибольшей степени происходит при отпуске 200-250°C. Оно сопровождается уменьшением ударной вязкости (отпускная хрупкость первого рода), уширением линии (222) в связи с увеличением микронапряжений. Выделение карбидов из вторичного мартенсита, если судить по увеличению асимметрии линии (110), заметно в интервале 250-300°C. Оно сопровождается резким повышением ударной вязкости и дальнейшим повышением прочности.

Таким образом, в стали 7ХГ23М, как и в стали У10, обнаружено два температурных интервала отпуска: 125-150°C и 200-250°C, при которых происходит ее охрупчивание, сопровождаемое снижением ее ударной вязкости.

Для практического пользования рекомендуется три температурных интервала отпуска стали 7ХГ23М: отпуск при 100-125°C обеспечивает сохранение мартенситной твердости на том же уровне, что и после закалки, но при значительно меньших напряжениях. Он пригоден при термообработке штампов, работающих в условиях износа без больших ударных нагрузок; отпуск при 180-200°C, обеспечивающий высокие значения ударной вязкости, прочности и твердости, необходимые для пуансонов при ударных нагрузках; отпуск при 300-350°C обеспечивает наиболее

высокие значения прочности, твердости и вязкости, необходимые для матриц.

Для получения минимальной деформации после отпуска штампового инструмента из стали 7ХГ23М режимы закалки должны назначаться с учетом последующей температуры отпуска. Качество закалки при этом должно контролироваться по количеству остаточного аустенита.

Для закаленной стали Х12МФ твердость увеличивается по мере повышения температуры закалки до 1000°C , затем, начиная с 1050°C заметно снижается в связи с увеличением количества остаточного аустенита.

После закалки с низких температур 1000°C мартенсит достаточно однороден. Линия (222) имеет практически одинаковую высоту в широком диапазоне углов. Линия (110) мартенсита симметрична. При повышении температуры закалки линия (222) со стороны больших углов становится более интенсивной, а после закалки с 1150°C она приобретает вид линии, близкой к ферритной; по строению и расположению со стороны меньших углов она по-прежнему размыта. Линия (110) мартенсита с повышением температуры закалки уширяется как в сторону больших, так и в сторону меньших углов. А после закалки с 1040°C и выше она раздваивается, что можно объяснить увеличением среднего содержания углерода в мартенсите более 0,5%. Увеличение высоты линии (222) свидетельствует об уменьшении напряжений с повышением количества остаточного аустенита. Характер линий (110) и (222) свидетельствует о наличии в структуре стали двух мартенситов: с низким и высоким содержанием углерода. Это можно объяснить поведением карбидов. При повышении температуры закалки вокруг растворенных карбидов создаются зоны остаточного аустенита. Вокруг растущих карбидов образуются зоны мар-

тенсита. Микроанализом зафиксировано наличие сильноотравляющейся зоны вокруг растущих карбидов. В тех случаях, когда происходит одновременно и растворение и рост отдельных карбидных частиц, после закалки вокруг них будут наблюдаться как зоны мартенсита, так и зоны остаточного аустенита. Естественно предположить, что мартенсит, расположенный вокруг остаточного аустенита, будет содержать больше углерода, чем мартенсит, расположенный вокруг карбидов. После практически полного растворения карбидов (закалки с 1200°C) структура стали X12MФ состоит из остаточного аустенита и небольшого количества малоуглеродистого мартенсита, расположенного вокруг нерастворившихся карбидов.

При низких температурах отпуска до 100°C происходит "предвыделение" карбидов, сопровождаемое повышением твердости, прочности и вязкости. При отпуске от 100 до 125°C выделяются карбиды, снижается твердость, намагниченность насыщения (они парамагнитны) и удельное электросопротивление, повышается прочность и вязкость, коэрцитивная сила.

При отпуске от 125 до 300°C происходит растворение ранее выделившихся карбидов - уменьшение в карбидном осадке хрома после отпуска $250-300^{\circ}\text{C}$, предвыделение - уменьшение высоты линии (222) и выделение - увеличение высоты линии (222) и содержания хрома в карбидном осадке карбидов.

Увеличение углерода в первичном мартенсите после отпуска $250-300^{\circ}\text{C}$, а также образование высокоуглеродистого вторичного мартенсита после отпуска $450-520^{\circ}\text{C}$ сопровождается увеличением микронапряжений (уменьшением высоты линии (222)) и макро напряжений (увеличением коэрцитивной силы). Растворение карбидов $(\text{C}, \text{Fe})\gamma\text{C}_3$ в мартенсите замедляет снижение твердости, не влияет на прочность и вязкость стали X12MФ. Растворе-

ние карбидов при отпуске 125-150°C сопровождается заметным приростом твердости на 1,5-3,0 HRC_a.

Второй прирост твердости после отпуска 500°C и выше связан с превращением остаточного аустенита и пропорционален его количеству после закалки.

Электронномикроскопические исследования показывают, что выделения карбидов при отпуске происходит внутри мартенсита, по границам "мартенсит-остаточный аустенит" и внутри остаточного аустенита (в виде параллельных цепочек, отражающих положение зерен). После полного превращения остаточного аустенита ориентация в расположении карбидных частиц не наблюдается, что должно быть связано с рекристаллизацией вторичного мартенсита.

По изменению коэрцитивной силы после отпуска было обнаружено три значительных пика ее повышения: первый пик при 100-125°C и вызван процессами "предвыделения" и выделения карбидов из первичного мартенсита, второй при 250-300°C растворением карбидов, третий при 450-520°C образованием вторичного мартенсита.

Удельное электросопротивление по мере повышения температур отпуска снижается, темп снижения с повышением температуры закалки замедляется. Наиболее сильно электросопротивление уменьшается с момента превращения остаточного аустенита.

Для практического пользования в случае закалки на первичную твердость рекомендуются режимы отпуска инструмента из стали Х12МФ: отпуск при 150°C для пуансонов, работающих в условиях повышенного износа; отпуск при температуре 200°C для матриц.

4. Особенности упрочнения при отпуске штамповых сталей холодного деформирования

На основании проведенного анализа можно сделать заключение, что в сталях У10 и 7ХГ2ВМ, не содержащих после закалки избыточных карбидов и имеющих одинаковые интервалы превращения остаточного аустенита при отпуске, характер изменения их твердости до температур завершения превращения основного количества остаточного аустенита (300°C) сохраняется одинаковым и не зависит от легированности. Влияние последней на разупрочнение сказывается лишь после превращения основного количества остаточного аустенита. При отпуске свыше 300°C разупрочнение стали связано с выделением углерода из первичного и вторичного мартенсита. Оно менее интенсивно протекает в стали 7ХГ2ВМ.

После отпуска стали Х12М2 наблюдается два пика повышения твердости. Первый - после 150°C вызван растворением в мартенсите и выделением из него специальных карбидов $(\text{C}, \text{Fe})_7\text{C}_3$. Второй - после $450-520^{\circ}\text{C}$ вызван превращением остаточного аустенита в мартенсит. Растворение карбидов $(\text{C}, \text{Fe})_7\text{C}_3$ при отпуске от 200 до 300°C заметного влияния на твердость не оказывает. При отпуске от 300 до 450°C в основном происходит выделение карбидов $(\text{C}, \text{Fe})_7\text{C}_3$, что подтверждается увеличением высоты и интенсивности линии (440). Отпуск свыше 520°C снижает твердость стали в результате выделения из первичного и вторичного мартенсита карбидов.

Данные об изменении параметров и интегральной интенсивности линии (113) остаточного аустенита свидетельствуют о том, что превращение остаточного аустенита в мартенсит начинается с момента, когда он полностью освобождается от воздействия напряжений, оказываемых первичным мартенситом.

5. Оптимизация режимов закалки и отпуска стали У10

Оптимизировали температуры закалки и выдержки при них с использованием планирования опытов по методу симплексных решеток.

В качестве оптимальных выбраны режимы охлаждения в холодной воде при 20°C, а затем в горячей воде при 80-100°C. Для достижения высокой твердости и минимального уровня напряжений цикл охлаждения "через холодную воду (20°C) в горячую воду (80-100°C)" должен повторяться несколько раз до установления по сечению инструмента температуры горячей воды.

Продолжительность отпуска при 100-125°C на максимальную твердость стали не более 3 часов; при 220-250°C не более 1 часа.

6. Оптимизация режимов закалки и отпуска стали 7ХГ2М

Оптимизация температур и выдержек при закалке и отпуске производилась по методу симплексных решеток.

Предложено закалку в масле, как экологически вредную, заменить закалкой в горячей воде с температурой выше 80°C

7. Оптимизация предварительной и окончательной термообработки стали Х12М

Оптимизацию температуры отжига стали Х12М проводили с применением математического планирования опытов по методу симплексных решеток при скоростях нагрева 100, 50, 25 и охлаждения 50, 25 и 15°C/ч. Температуру аустенизации изменяли в пределах 820-940°C, выдержки - 2-10 часов.

Наиболее целесообразным для поковок из стали Х12М является следующий режим отжига: нагрев со скоростью не более 100°C/ч до температуры 900-920°C с выдержкой при этой температуре для завершения $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения не более 1 часа,

далее охлаждение со скоростью не более $25^{\circ}\text{C}/\text{ч}$ до 700°C , после чего охлаждение с печью до 500°C , затем допускается охлаждение на воздухе.

Результаты исследований влияния температуры закалки в пределах $900-1040^{\circ}\text{C}$ (через 20°C , выдержка от 100 до 600 с) и отпуска при $150-200^{\circ}\text{C}$ на количество остаточного аустенита после закалки и свойства после отпуска позволяют выбирать режимы закалки стали Х12МФ на первичную твердость с учетом требуемого уровня свойств в зависимости от условий эксплуатации штампов и энергозатрат на проведение термообработки.

Оптимизацию режимов закалки и отпуска на вторичную твердость производили по результатам исследований влияния температуры отпуска на превращение остаточного аустенита в зависимости от его количества, полученного после закалки. Наиболее благоприятное сочетание свойств и высокая теплостойкость достигаются после закалки с температуры 1100°C с выдержкой в течение 600 с и последующего двукратного отпуска при 560°C продолжительностью 1 ч.

8. Промышленное опробование и внедрение результатов исследований

Рациональные режимы закалки и отпуска пуансонов и матриц, контроля качества термообработки штампов из сталей У10, 7ХГ23М и Х12МФ внедрены на АО "НКМЗ", накатных роликов - на "Сжмаш".

На заводах отрасли тяжелого машиностроения внедрение результатов исследований проведено с 01.01.1989 года в соответствии с РД 24.027.19-87 "Контроль качества термической обработки штампов холодного и горячего деформирования".

ВЫВОДЫ

1. Исследовано и установлено, что в сталях У10 и 7ХГ23М

независимо от режимов нагрева максимальная твердость непосредственно после заковки достигается при одинаковом количестве остаточного аустенита 15-16 и 18-20% соответственно. Разработаны режимы заковки сталей У10 и 7ХГ2ВМ в воде, исключающие образование трещин.

2. При отпуске сталей У10 и 7ХГ2ВМ установлены три интервала температур, в которых происходит предвыделение и выделение карбидов. Первый - при отпуске до 100°C в исходном мартенсите, второй - при отпуске 150-175°C в мартенсите двухфазного распада и третий - при отпуске 250-300°C во вторичном мартенсите. Впервые обнаружено охрупчивание сталей У10 и 7ХГ2ВМ на более ранних стадиях отпуска в интервале 125-150°C, что связано с растворением части карбидов в мартенсите и увеличением в нем углерода. Это явление аналогично отпускной хрупкости первого рода после отпуска 200-250°C, связанной с увеличением доли высокоуглеродистого мартенсита при превращении аустенита.

3. Наиболее благоприятное соотношение между прочностью, вязкостью и твердостью для сталей У10 и 7ХГ2ВМ наблюдается после отпуска при 200°C, что обусловлено особым состоянием первичного мартенсита, в котором растворены выделившиеся на более ранних стадиях отпуска карбиды и наличием в структуре остаточного аустенита.

4. Максимальная прочность стали 7ХГ2ВМ достигается после отпуска при 300°C в результате образования вторичного мартенсита и выделения из него мелкодисперсных карбидов.

5. Рекомендовано для повышения износостойкости пуансонов и матриц выглажных штампов из сталей У10 и 7ХГ2ВМ назначать отпуск при 125-200°C для пуансонов и 300°C для матриц, воспринимающих значительные динамические нагрузки.

6. Для получения минимальной деформации после отпуска режимы закалки должны назначаться с учетом последующей температуры отпуска. Критерием качества закалки служит количество остаточного аустенита. Сталь 7ХГ2М в случае отпуска при 100-125, 200, 300°С следует закалывать по режимам, обеспечивающим 15, 20, 25% остаточного аустенита соответственно.

7. В стали Х12МФ при нагреве под закалку имеют место два процесса: растворение и коагуляция карбидов, преобладает растворение карбидов. Оба эти процесса приводят к образованию в закаленной стали двух мартенситов, отличающихся по содержанию углерода и легирующих элементов. После практически полного растворения карбидов структура стали состоит в основном из остаточного аустенита и небольшого количества малоуглеродистого мартенсита, расположенного вокруг нерастворившихся карбидов.

8. При отпуске стали Х12МФ до 125°С происходит предвыделение и выделение карбидов в мартенсите, что повышает прочность, вязкость и твердость. Отпуск от 125 до 200°С вызывает выделение и растворение карбидов в мартенсите, что более значительно повышает прочность и вязкость, а при отпуске до 150°С также и твердость.

9. Для практического пользования разработаны режимы закалки стали Х12МФ в воде на первичную твердость. Для повышения теплостойкости пуансонов и матриц рекомендовано инструмент закалывать на 90-95% остаточного аустенита и подвергать однодвукратному отпуску при 560°С продолжительностью 1 час.

10. Результаты исследований внедрены на АО "НМЗ" при термообработке пуансонов и матриц и ПО "Эжмаш" при термообработке накатанных роликов. Годовой экономический эффект составил 23,4 тыс. рублей в ценах 1989 года.

ПУБЛИКАЦИИ ПО РАБОТЕ

1. Заблоцкий В.К., Шимко Е.В. Уровень и тенденции развития штамповых сталей горячего и холодного деформирования: Обзор.- М., 1989.- 133 с.- Деп. в ЦНИИТЭИМАШ 24.10.88, № 260 - т.м. 88.

2. Шимко Е.В. Оптимизация предварительной термической обработки стали X12M2 // Обобщение опыта работы молодых ученых, инженеров и рабочих отрасли по экономии материальных и энергетических ресурсов: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф., Донецк, 24-26 мая 1989.- Донецк, 1989.- С.146.

3. Заблоцкий В.К., Шимко Е.В., Антонов В.З. Оптимизация режимов термической обработки инструментальных сталей У10, 7ХГ2ВМ, X12M2 // Термическая обработка сталей в машиностроении: Сб. науч. работ НИО "НИИТМаш"- Краматорск, 1994.- С.3-9.

4. Шимко Е.В., Заблоцкий В.К., Моисеев В.Ф. Превращения при отпуске инструментальных сталей У10, 7ХГ2М и X12M2 // Термическая обработка сталей в машиностроении: Сб. науч. работ НИО "НИИТМаш". - Краматорск, 1994.- С.10-19.

5. А.с. I690389 СССР, МКИ⁴ С 21 Д 9/22. Способ термической обработки инструмента из высоколегированных и быстрорежущих сталей / В.К.Заблоцкий, В.З.Антонов, Е.В.Шимко. - № 4712680/02; заявлено 03.07.89., опубл.07.11.91. Вол. № 41.

6. А.с. I702699 СССР, МКИ⁴ С 21 Д 1/78. Способ термической обработки инструмента из углеродистых марок сталей / В.К.Заблоцкий, В.З.Антонов, Е.В.Шимко, Е.Н.Хмиль. / № 4753733/02; заявлено 16.08.89., опубл. 30.12.91. Вол. № 48.

7. Пат. I802951 СССР, МКИ⁴ С 21 Д 9/22. Способ термической обработки инструмента из среднелегированных сталей / В.К.Заблоцкий, В.Ф.Моисеев, В.З.Антонов, Е.В.Шимко. - № 4739602/02; заявлено 18.09.89., опубл.18.03.93. Вол. № 10.

ШИМКО ЕЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА

Оптимизация режимов термической обработки штамповых сталей холодного деформирования с целью улучшения их технологических и эксплуатационных свойств.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – металловедение и термообработка металлов, Донецкий государственный технический университет, г.Донецк, 1994 год.

Защищается 4 научных работы и 3 авторских свидетельства, содержащие новые теоретические разработки и их практическое подтверждение в характере изменения свойств углеродистых и легированных штамповых сталей при закалке и отпуске, влияние остаточного аустенита на свойства сталей после отпуска. Установлено, что при отпуске сталей У10 и 7ХГ23М есть три интервала температур предвыделения и выделения карбидов. Первый – при отпуске до 100°C в исходном мартенсите, второй – при отпуске 150–175°C в мартенсите двухфазного распада и третий – при отпуске 250–300°C во вторичном мартенсите. Обнаружено охрупчивание сталей У10 и 7ХГ23М в интервале температур 85–150°C, что связано с растворением части карбидов в мартенсите. При отпуске стали Х12МФ до 200°C происходят предвыделение, выделение и растворение карбидов в мартенсите, что повышает прочность, вязкость, а при отпуске до 100°C и твердость. Для практического пользования разработаны режимы закалки сталей 7ХГ23М и Х12МФ в воде.

Результаты исследований внедрены на АО "НМЗ" и ПО "Джмаш". Годовой экономический эффект составил 23,4 тыс. рублей в ценах 1989 года.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: мікроструктура, термічна обробка, загартування, відпустка, штампова сталь холодної деформації.

SHIMKO ELEN

Optimization of heattreatment conditions by die steels of cold strain for the purpose of improvement their workabilities and service properties.

Thesis for a candidate's degree in field of tehcnical science on speciality 05.16.01 - metal science and heattreatment of metals. State tehcnical university, Donetsk, 1994 year.

Defend are 4 scientific works and 3 author's certificates were contained new theoretical works and practical confirm character's of change of properties cabon and alloyed steels wich hardening and tempering, influence, retained austenite on properties of steels after the tempering. Established, that by tempering of steels U10 and 7CrMn2VMo there is three temperature space, wich that is going pre-excretion and excretion carbides. The first - by tempering to the 100°C in initial martensite, the second - by tempering 150-175°C in martensit of two phase desay and the third - by tempering 250-300°C in secondary martensite. An embrittlement of steels U10 and 7CrMn2VMo was detected with dissolution's of parts carbides in martensite. Wich tempering of steel Cr12MoV to the 200°C take place an pre-excretion, excretion and dissolution of carbides in the martensite, that raise a strength and impact elasticity, and wich tempering to 150°C also a hardness. For a practical use work out conditions of hardening in water steels 7CrMn2VMo and Cr12MoV.

The results of investigations, apply at the Lease Unification "New-kramatorsk machin-building plant" and Unification "South machin-building plant". The year's economic effect maked up 23400 roublesin price of 1989 year.

Ключові слова: мікроструктура, термічна обробка,загартування, відпустка, штампова сталь для холодної деформації.

AB 31.048