

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени С. П.
КОРОЛЕВА

ТЕРМООБРАБОТКА И СТОЙКОСТЬ

ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ

Методические указания
к лабораторным работам

Самара 2002

УДК 629.7 : 779.017 : 620 (075)

Учебное издание

***ТЕРМООБРАБОТКА И СТОЙКОСТЬ
ШТАМПОВЫХ СТАЛЕЙ***

Термообработка и стойкость штамповых сталей;
Методические указания / Сост. И.А. Дроздов,
Рецензент А. И. Заббаров. – Самара: СГАУ, 2002.- 68с.

Методические указания

Составители: Дроздов Игорь Алексеевич

Даны указания для выполнения лабораторных работ по термической обработке штамповых сталей. Трудоёмкость каждой рассчитана на 4 часа. Приведены сведения из теории и практики, необходимые для выполнения лабораторных работ и оформления отчета.

Указания, подготовленные на кафедре “Технология металлов и авиа-материаловедение”, предназначены для студентов специальности 120400.

Табл. 10, илл. 7, библиограф. 5.

Печатается по решению редакционно-издательского Совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева.

Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева.
443086 Самара, Московское Шоссе, 34

Рецензент Каргин В.Р.

Приложение 4

Требуемая разгаростойкость в зависимости от вида и условий работы деформирующих инструментов

400-450	Закрытая 2 штамповка стальных поковок на гидравлич. Прессах	Жидкая 3 штамповка стали.Выдавливание прутков, профилей и труб из стали и ТДМ	Выдавливание 4 и штамповка на прессах-автоматах и ковочных машинах поковок из стали и ТДМ
	Жидкая 1 штамповка цветных сплавов, штамповка стальных поковок (с прошивкой и вытяжкой) на гидравлических прессах	Вальцовка, 2 высадка, накатка,раскатка, объёмная штамповка мелких поковок на прессах и ковочных машинах	Выдавливание 3 и штамповка, высадка и раскатка средних и крупных стальных поковок на прессах и ковочных машинах
	200-250	Калибровка, 0 правка и обрезка на прессах и молотах, ИЗОШ	Штамповка на 1 молотах.Выдавливани е прутков, профилей, труб из цветных сплавов, полугорячее выдавливание стальных поковок

0, 1, 2, 3, 4- класс требуемой разгаростойкости.

10-50

Содержание.

1. Упрочняющая термическая обработка сталей для штампов холодного деформирования
2. Упрочняющая термическая обработка сталей для штампов горячего деформирования
3. Определение теплостойкости инструментальных сталей.....
4. Определение разгаростойкости инструментальных сталей и сплавов.....

Приложение :

1. Требования к сопротивлению хрупкому разрушению штамповых сталей.
2. Требования к теплостойкости и прочности штамповых сталей.
3. Требования к износостойкости штамповых сталей.
4. Требования к разгаростойкости штамповых сталей.

1. УПРОЧНЯЮЩАЯ ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛЕЙ ДЛЯ ШТАМПОВ ХОЛОДНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Цель работы: изучить особенности фазовых превращений и режимов окончательной термической обработки низко – и высоколегированных инструментальных сталей для штампов холодного деформирования и опорных волков прокатных станов.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Основные положения

Инструментальные стали для штампов холодного деформирования должны обладать высокой износостойкостью, твердостью, сопротивляемостью малым пластическим деформациям (высокое значение предела текучести - σ_2 на сжатие) и другими характеристиками. В зависимости от условий работы штампов инструментальные стали должны обладать той или иной группой свойств. Так, для вырубных (просечных) штампов срок службы лимитируется износостойкостью и сопротивляемостью хрупкому разрушению (конструктивная прочность). Для высокопрочных штампов сложной формы определяющими свойствами являются шлифуемость и термическая обрабатываемость (малая деформация при термической обработке). Основные типы операций холодного деформирования классифицируются на гибку, резку, вытяжку, формовку, объемную штамповку. К наиболее тяжело нагруженным операциям холодной штамповки относятся: объемная штамповка (прессование, редуцирование, высадка) и резка (вырубка, пробивка). Поскольку другие операции

Приложение 3

Требования к износостойкости штамповых сталей

Требования к износостойкости штамповых сталей				
Схема деформации				
Выдавливание и прошивка				
4	Магниево-сплав	Алюминиевые и медные сплавы	Стали и титановые сплавы	ТДМ
3	Комбинированная осадка			
	Алюминиевые сплавы	Цветные сплавы	Сталь	Сталь и титановые сплавы
2	Осадка с истечением в облой			
	На молотах		На прессах	
	Алюминиевые сплавы	Цветные сплавы и сталь	Цветные сплавы и сталь	ТДМ
1	Осадка и высадка			
	Цветные сплавы и сталь, ТДМ	Сталь и ТДМ	Алюминиевые сплавы и сталь	ИЗОШ, жидкая штамповка

Приложение 2

Требования к теплостойкости и прочности штамповых сталей (схема).

Удельные усилия деформирования, МПа	900-1000	Калибровка и правка стальных и титановых поковок на молотах	Выдавливание прутков, профилей и труб из алюминиевых и медных сплавов	Полугорячее выдавливание сталей, высокоскоростное выдавливание сталей и титана	Выдавливание прутков, профилей и труб из труднодеформируемых материалов
	500-600	Калибровка и правка алюминиевых поковок на молотах	Высокоскоростная штамповка алюминиевых и медных сплавов	Штамповка стали и труднодеформируемых материалов на молотах, высокоскоростная осадка стали	Выдавливание прутков, профилей и труб из конструктивных сталей
	200-250	Горячая обрезка поковок на прессах	Радиальное обжатие, вальцовка, накатка и раскатка	Закрытая штамповка на прессах и высадка алюминиевых, медных и стальных поковок	Штамповка стали и труднодеформируемых материалов на прессах
	20-50	Открытая штамповка крупногабаритных поковок из легких сплавов на прессах	Открытая штамповка алюминиевых, медных и стальных поковок на молотах	Открытая штамповка на прессах	Изотермическая штамповка, жидкостная штамповка стали
		150-200	400-450	500-550	600-650
		Температура нагрева поверхности гравюры штампов, °С			
		1	2	3	4

холодной штамповки не вызывают особых осложнений, связанных со стойкостью штампов, следует подробнее остановиться на условиях работы применительно к объемной штамповке и резке.

Условия работы характеризуются величиной удельных давлений, возникающих при деформировании, характером нагружения и температурой разогрева рабочих частей.

Удельные давления при холодной штамповке достигают до 2200-2500 МПа, а в отдельных случаях и более.

Характер нагружения при штамповке на гидравлических и механических прессах для объемного прессования (скорость нагружения 0,1-0,4 м/с) плавный, а на чеканочных и горячештамповочных прессах (скорость нагружения 0,5-0,8 м/с), холодновысадочных автоматах (0,5-1,5 м/с) и скоростных молотах (6,0-8,0 м/с) ударный.

Температурные условия наиболее тяжелые при холодной объемной штамповке (прессование, высадка). Нагрев штампа возрастает с увеличением числа ходов и достигает иногда до 300 °С при перепаде около 100 °С, если охлаждение не предусматривается. При охлаждении маслом удается снизить нагрев на 100 °С и более.

Для всех штамповых сталей очень важно иметь высокую прокаливаемость и минимальное коробление при термической обработке.

Для штампов простой формы (первая группа) для гибки, вытяжки, формовки, работающих при небольших удельных давлениях и поэтому не разогревающихся, рекомендуются стали общего назначения: инструментальные углеродистые У7, У8, У9, У10, У11, У12, У13 и У7А, У8А, У9А, У10А, У11А, У12А, У13А для штампов небольших размеров (углеродистые стали имеют низкую прокаливаемость), а для более крупных штампов низколегированные 8ХФ, 9ХФ, 11ХФ, ХВ4, 9ХС,

ХГС, 9ХВГ, ХВГ, ХВСГ. Высокая твердость, прочность и износостойкость штампов из этих сталей достигаются высоким содержанием в них углерода и закалка на мартенсит с последующим низким отпуском на структуру мартенсит отпуска (и вторичного цементита, легированного для легированных сталей).

Для штампов сложной конфигурации (вторая группа), работающих в условиях повышенного износа и значительных удельных давлениях (до 1400-1600 МПа), но при небольшом разогреве рабочих частей (до 80-100 °С), к которым относятся штампы прецизионной вырубке и пробивки, некоторые виды вытяжных и формовочных штампов, рекомендуются штамповые стали холодного деформирования, а также быстрорежущие стали, графитизируемые стали, твердые сплавы и другие материалы.

Для ударных инструментов используют стали 4ХС, 6ХС, 4ХВ2С, 5ХВ2С, 6ХВ2С, 6ХЗФС, 6ХВГ. Это стали эвтектоидные и заэвтектоидные, содержащие от 0,4 до 0,6% углерода, легированные хромом, марганцем, кремнем, и вольфрамом. Они характеризуются повышенной вязкостью, высокой прокаливаемостью, и закаливаемостью. Для получения высокой прокаливаемости рекомендуется закалка (с 860-900 °С в масле) и отпуск на твердость 44-58 HRC (240-470 °С). Структура после такой термической обработки мартенсит отпуска либо тростомартенсит. Применение изотермической заковки способствует возрастанию почти в два раза ударной вязкости и уменьшению деформации термообработанного инструмента. В ряде случаев для ударных инструментов целесообразно применение штамповых сталей горячего деформирования типа 5Х2МАФ (ДИ 32), 4Х5МФС, 4Х4ВМФС (ДИ 22), которые после заковки и отпуска при 200-550 °С обеспечивают получение удовлетворительных

Приложение 1

Требования к сопротивлению хрупкому разрушению штамповых сталей

Оборудование ударного действия	Штамповка поковок на прессах и молотах		ВСШ и выдавливание особо сложных поковок
	Простой формы	Сложной формы	
Механические прессы и ковочные машины	Штамповка, высадка, обжатие, вальцовка, радиальная ковка поковок		Выдавливание, штамповка сложных поковок из ТДМ
	Простой формы	Сложной формы	
Гидравлические прессы	Штамповка поковок		Выдавливание прутков, труб, профилей из различных материалов
	Открытая и ИЗОШ	Закрытая из разных материалов	
	Простая или бандажированная	Переходная (сложная)	Очень сложная
Конструкция штампового инструмента			

Список рекомендуемой литературы

1. Дроздов И.А., Ляченков Н. В., Уваров В.В. Штамповые стали: Учебное пособие. – Самара: СГАУ, 2001. – 135 с.
2. Морозов Н.П. Инструментальные стали и сплавы: Методические указания. – Куйбышев: КуАИ, 1990. – 48 с.
3. Термическая обработка сталей: Методические указания/ В.С Уварова, Н.П Морозов, И.А Дроздов и др. – Самара: СамАИ, 1992. – 60 с.
4. Термические режимыковки, штамповки и пред-варительной термообработки поковок: Учебное пособие/ В.В. Уваров, В.С Уварова и др. – Самара: СГАУ, 1996. – 76 с.

значений твердости (52-56 HRC) в сочетании с повышенной ударной вязкостью ($KCU=30-50$ Дж/см²).

Для повышения износостойкости штампы из этих сталей подвергают химико-термической обработке (азотирование, нитроцементация), обеспечивающей значительное возрастание поверхностной твердости без заметного снижения сопротивления хрупкому разрушению.

Штамповые стали холодного деформирования подразделяются на три подгруппы:

а) высокохромистые повышенной износостойкости X12, X12M, X12BM, X12Ф1, X6ВФ, 8X6МФТ, 9X5ВФ, 6X4М2Ф (ДИ 55);

б) Экономнолегированные с повышенной ударной вязкостью 7XГ2ВМ, 7X3ВМФС, (ДИ 18), 7XГНМ (ДИ 56);

в) Высокопрочные комплекснолегированные повышенной теплостойкости 8X4В3М3Ф2 (ЭП 570), 8X4В2С2МФ (ЭП 761), 6X6В3МФС (ЭП 569), 6X4М2ФС (ДИ 55), X5C4В2Ф2НМ (ДИ 57), 11X4В2МФ3С2 (ДИ 37).

Стали первых двух подгрупп рекомендуются для штампов второй группы.

Для штампов (третья группа), работающих в условиях высоких удельных давлений (до 2200-2500 МПа) и значительного разогрева (до 270-300 °С) без охлаждения и (до 120-180 °С) при охлаждении маслом (штампы объемной штамповки, прессования, высадки, редуцирования, калибровки, чеканки, а также обрезных штампов для вырубки, пробивки, просечки) используют штамповые стали третьей подгруппы, быстрорежущие стали и спеченные твердые сплавы.

Характеристика штамповых сталей, используемых в данной лабораторной работе

Для лабораторной работы взяты образцы сталей У10, 75ХМ и Х12М. Первые две марки относятся к инструментальным сталям общего назначения, которые используют для штампов первой группы. Они не обладают теплостойкостью, т.к. при нагреве выше температуры 200-250 °С мартенсит отпуска этих сталей (термообработанных по режиму неполной закалки и низкого отпуска) распадается и твердость резко понижается.

Сталь Х12М высокохромистая относится к штамповым сталям первой подгруппы, предназначенные для изготовления штампов второй группы. Эта сталь содержит от 1,45 до 1,65% С и от 11 до 12,5% хрома и по структуре относится к сталям ледебуритного класса, которые склонны к ликвации. Дисперсность и характер распределения избыточных карбидов в них зависит от степени укова. Балл карбидной неоднородности для сталей с 12% хрома может изменяться от 2-3 в сечениях до 20 мм и до 7-8 в крупных (сечением более 100мм) профилях. Из-за этого они имеют значительную анизотропию свойств по сечению и резкое снижение прочности, ударной вязкости в заготовках больших размеров.

В сталях ледебуритного класса в литом состоянии (в слитках, отливках) в структуре присутствует ледебуритная эвтектика в виде сетки по границам дендритов. Для того чтобы разбить эту сетку и добиться равномерного распределения карбидов в массе металла, слиток подвергают горячей деформации проковкой (односторонней вытяжкой) на квадрат. Полученный полуфабрикат рубят на заготовки, которые проковывают с большими степенями деформации и

Контрольные вопросы

1. Что такое разгаростойкость и какой вид у разгарных трещин?
2. Критерии разгаростойкости?
3. Как влияет структура на разгаростойкость сталей и сплавов?
4. Какие процессы происходят при термоциклическом изменении температуры и внешних усилий?
5. Какими факторами определяются разгаростойкость?
6. Какова кинетика зарождения и развития разгарных трещин?
7. Как влияет подогрев и охлаждение на разгаростойкость штампов?
8. Как можно повысить разгаростойкость штампов?
9. Повышает ли разгаростойкость азотирование гравюры штампа?
10. Каким образом определяют разгаростойкость штамповых сталей и сплавов?



рис.4.5. Вид разгарных трещин в зависимости от режима термоциклирования и марки

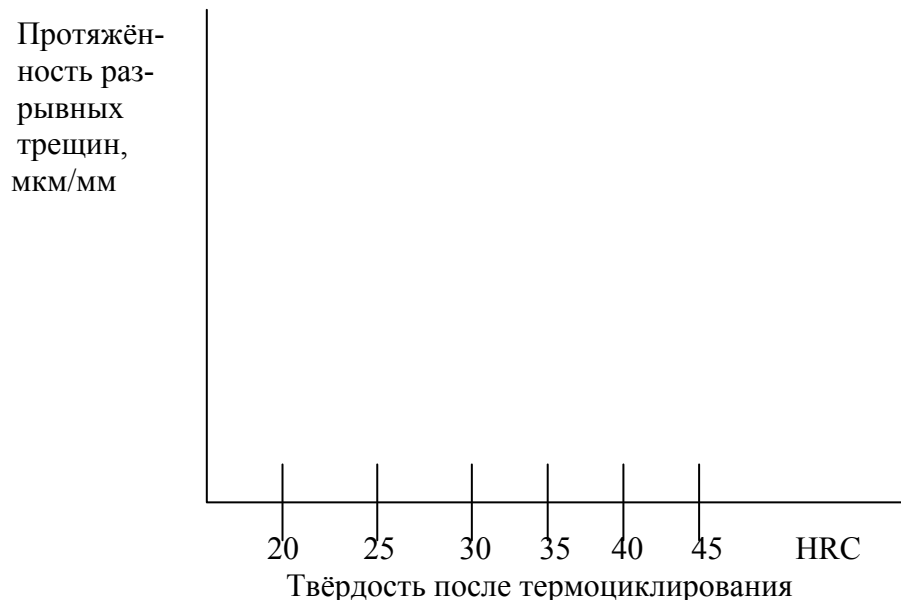


рис.4.6. Влияние твёрдости на протяжённость разгарных трещин для различных сталей и сплавов

многократной сменой направлений деформирования до 10-15 раз. При этом, чем больше крат уковов, тем однороднее и мелкозернистее получаемая структура. Пренебрежение к выполнению тщательнойковки ведет к большим потерям в производстве из-за повышенного расхода инструмента (выкрашивание, поломка) и частых переналадок.

Температура началаковки заготовок проводят при 1150°C, а заканчивают при 900 °С. Высокое содержание хрома и углерода делают эту сталь закаливающейся на воздухе, поэтому заготовки из нее после горячего деформирования (ковки, прокаткой или другого вида обработки давлением) охлаждают медленно в специальных камерах-термостатах, либо выдерживают около 5 часов в печи с температурой 700-750 °С для достижения частичного распада аустенита. Такое охлаждение полезно и для предотвращения флокенообразования. После полного охлаждения заготовки отжигают изотермически при температурах 860-880 °С с выдержкой при 720-750 °С при охлаждении, чтобы получить микроструктуру зернистого перлита.

Прокаливаемость стали X12M достигает 100 мм. Закалку проводят с температур 950-1050 °С в масле, на воздухе либо ступенчато в горячей среде с температурой 400-500 °С. При закалке эта сталь мало деформируется, особенно, если закалка ступенчатая. Закалка с более высоких температур ведет к образованию большого количества остаточного аустенита, резко снижающего твердость. Так, после закалки с температуры 1000 °С твердость равна не менее 59 HRC, а от 1150 °С всего лишь 40 HRC.

В зависимости от температуры закалки отпуск штампов проводят при 180-200 °С, когда температура закалки пониженная 950-1050 °С, или при 500-520 °С, когда температура закалки более высокая 1100-1150 °С. Первую закалку называют

закалкой на первичную твердость, а вторую – на вторичную, так как в последнем случае твердость значительно повышается после отпуска при 500-520 °С (до 60-63 HRC).

При использовании высокохромистых сталей для изготовления штампов, работающих при повышенном нагреве (до 400-500 °С), их закачивают на вторичную твердость. Однако, несмотря на значительное повышение теплостойкости при этом, обработку на вторичную твердость проводят редко, лишь для малонагруженных штампов. Объясняется это перегревом стали (размер зерна аустенита растёт до 3-4 балла и ухудшается состояние пограничных слоёв, в которых отлагается часть карбидов, выделяющихся из твёрдого раствора даже при быстром охлаждении), в результате которого снижается прочность и ударная вязкость, а также повышается деформация. По этой причине предпочтительней закалка на первичную твердость. Для предохранения от обезуглероживания и окисления нагрев следует проводить в соляной хлорбариевой ванне, либо в камерных печах с упаковкой в железные коробки и засыпкой чугушной стружкой или древесноугольной мелочью.

По сравнению со сталью X12, содержащей 2-2,2% С, снижение содержания последнего и легирование молибденом (0,4-0,6%) в стали X12M количество карбидов и карбидная неоднородность уменьшается, измельчается зерно, повышается пластичность и ударная вязкость, снижается деформация штампов при закалке, несколько возрастает прокаливаемость и устойчивость против отпуска. Для сталей X12M и X12BM закалка на вторичную твердость приводит к получению в структуре почти 100%-го количества остаточного аустенита. В виду этого, чтобы получить твердость 58-60 HRC, требуется два или три отпуска при 500-520 °С.

Высокая износостойкость высокохромистых сталей определяет их использование для фильер, пуансонов, матриц,

Таблица 4.2

Влияние режима термоциклирования на твёрдость и протяжённость разгарных трещин для различных марок сталей

	Режим термообработки и твёрдость				
	Закалка		Отпуск		HRC
	T, °C	t, мин.	T, °C	t, мин.	
5XHM					
Ди22					
ЖС6					
	Режимы термоциклирования и влияние на протяжённость разгарных трещин				
	T, °C	Число циклов за 30 минут		HRC	L
5XHM					
Ди22					
ЖС6					

Порядок выполнения работы

1. Взять образцы сталей 5ХНМ, 4Х4ВМФБ (Ди22) и сплава ЖС6 (или ЖС6К, ЖС6КП, ЖС6У, ЖС6Ф). Образцы после закалки и отпуска на структуру тростит с твердостью 40-45HRC, а сплав ЖС6 в литом состоянии.
2. Измерить твердость образцов сталей и сплава в исходном состоянии и после испытания на твердомере Роквелл по шкале «С».
3. Образцы сталей и сплавов поместить в печь с температурой 900°C, другой комплект в печь с температурой 700°C и после выдержки вынуть из печей на воздух (10сек.) и вновь заложить в печь на 10сек. и повторять циклирование до 60-ти раз.
4. Зачистить поверхность шлифовальной бумагой и отполировать на полировальном станке.
5. Замерить на микрошлифах протяженность разгарных трещин и их вид.
6. Заполнить таблицу 4.9. и дать рисунок вида разгарных трещин в зависимости от температуры нагрева и марки стали и сплава (рис.4.5.).
7. По данным таблицы 4.2. построить график зависимости протяженности разгарных трещин от температуры нагрева, твердость и марки инструментального материала (рис.4.6.).
8. Определить число циклов до появления разгарных трещин в зависимости от температуры нагрева и марки инструментального материала.

резьбонакатных роликов, работающих при удельных давлениях до 1400-1600 МПа.

Контролируемый минимум знаний

1. Классификация штампов в зависимости от условий их эксплуатации.
2. Выбор сталей для штампов первой группы. Режимы их упрочняющей термообработки. Структура и свойства.
3. Выбор сталей для штампов ударного действия. Режимы упрочняющей термообработки. Структура и свойства.
4. Классификация штамповых сталей для инструментов холодного деформирования.
5. Выбор сталей для штампов второй группы. Режимыковки и термообработки заготовок из высокохромистых сталей.
6. Режимы упрочняющей термообработки на первичную и вторичную твердость высокохромистых сталей.
7. Изменение микроструктуры и свойств высокохромистых сталей в процессе предварительной и окончательной термообработки.
8. Выбор сталей для штампов третьей группы.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

Задачи работы

1. Овладение знаниями по выбору инструментальных сталей для штампов, работающих в различных условиях, а также режимов предварительной и окончательной термообработки штампов с выяснением влияния их на структуру и свойства готовых инструментов.

2. Освоение методики проведения закалки и отпуска инструментальных сталей.

3. Установить химический состав, тип структуры и состояния исследуемых сталей.

4. Выяснить влияние температуры нагрева на микроструктуру и твердость закаленных исследуемых сталей.

5. Определить зависимость температуры отпуска на микроструктуру и твердость закаленных исследуемых сталей.

Материальное оснащение

1. Методическая разработка.

2. Муфельные печи для термической обработки до 900 °С, шахтная печь для нагрева до 1000 °С.

3. Закалочные баки с водой и маслом, клещи.

4. Твердомер типа Роквелл, ТК-2.

5. Образцы сталей У10, 75ХМ, Х12М.

6. Шлифовальная бумага различных номеров, полировальный станок, реактивы для травления.

7. Микроскопы МИМ-7.

Содержание отчета

1. Цель работы.

2. Краткая характеристика операций и фазовых превращений при упрочняющей термообработки инструментальных сталей.

3. Режимы операций закалки и отпуска инструментальных сталей и описание методики их проведения.

4. Результаты экспериментальной части:

а) сводная таблица значений твердости в исходном состоянии и после закалки;

Содержание отчета

1. Цель работы.

2. Описание методики проведения испытаний инструментальных сталей и сплавов на разгаростойкость.

3. Результат экспериментальной части:

а) Сводная таблица значений твердости в исходном состоянии и после испытания на разгаростойкость (таблица 4.3)

б) Сводная таблица протяженности разгарных трещин поверхности площадью в 1мм² (таблица 4.3)

в) Вид разгарных трещин для каждой стали и сплава

г) График зависимости протяженности разгарных трещин в зависимости от твердости и марки испытанных сталей и сплавов.

4. Выводы о твердости и разгаростойкости различных марок и сплавов после проведенных испытаний.

Практическая часть работы

Задачи работы

1. Овладение знаниями для определения разгаростойкости инструментальных сталей и сплавов, выбора их для инструментов, работающих в различных условиях, а также для назначения режимов закалки и отпуска с выяснением влияния их на разгаростойкость инструментов.
2. Освоение методики определения разгаростойкости инструментальных сталей и сплавов.
3. Установить три структуры сталей и сплавов, до и после термоциклирования.
4. Выяснить влияние термоциклирования на твердость и разгаростойкость сталей и сплавов.
5. Определить характер развития разгарных трещин в зависимости от химического состава сталей и сплавов.

Материальное оснащение

1. Методическая разработка.
2. Муфельные печи для термической обработки до 900°, шахтная печь для нагрева до 100° и клещи.
3. Твердомер типа Роквелл ТК-2.
4. Образцы сталей 5ХНМ, 4Х4ВМФБ(Ди22) и сплава ЖС6(или ЖС6К, ЖС6КП, ЖС6У, ЖС6Ф)
5. Шлифовальная бумага различных номеров, полировальный станок.
6. Микроскоп типа МИМ-7.

б) сводная таблица значений твердости для различных температур отпуска закаленных сталей;

в) график зависимости твердости от температуры отпуска;

г) схемы микроструктур сталей в исходном, закаленном и отпущенном состоянии.

5. Выводы по оптимальности режимов закалки и отпуска для исследуемых сталей.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомление с теорией термообработки инструментальных сталей для штампов холодного деформирования.

2. Ознакомиться с практикой проведения термообработки сталей (оборудование, режимы, выполнение операций и др.)

3. Получить по 3 образца сталей У10, 75ХМ, Х12М и подвергнуть их закалке, соответствующей температурам: 800, 900 и 1000 °С в масле.

4. Замерить твердость сталей в исходном и в закаленном состояниях.

5. Закаленные образцы сталей подвергнуть отпуску при температурах: 200, 250 и 550°С (по одному образцу каждой стали).

6. Замерить твердость сталей после каждого режима отпуска.

7. Построить сводные таблицы 1.1 результатов после закалки и отпуска сталей и график зависимости твердости от температуры отпуска закаленных сталей.

8. Дать объяснение полученным результатам.

Таблица 1.1

Зависимость твёрдости штамповых сталей от режима термообработки

Марка стали	Закалка в масле		Твёрдость (HRC) после 30 мин отпуска при T, °C		
	T, °C	HRC	200	250	550
У10	800				
75ХМ	900				
Х12М	1000				

Контрольные вопросы

1. Какие стали рекомендуются для первой группы штампов холодного деформирования ? Какова их термическая обработка ?
2. Какие стали рекомендуются для второй группы штампов холодного деформирования ?
3. Какова их термическая обработка высокохромистых штамповых сталей типа Х12, Х12М ?
4. Какова их термическая обработка экономнолегированных с повышенной ударной вязкостью штамповых сталей 7ХГ2ВМ ,7Х3ВМФС (Ди18), 7ХГНМ (Ди 56) ?
5. Какие стали рекомендуются для второй группы штампов холодного деформирования ?
6. Какова термическая обработка высокопрочных комплексно-

Контролируемый минимум знаний

1. Определение разгаростойкости.
2. Классификация разгаростойкости в зависимости от температурного перепада на поверхности гравюры штампов и способы ее охлаждения.
3. Причины образования и кинетика развития разгарных трещин.
4. Факторы , влияющие на разгаростойкость штампов.
5. Условия повышения разгаростойкости штампов.
6. Влияние режимов закалки и последующего отпуска на разгаростойкость.
7. Влияние легирования инструментальных сталей на их микроструктуру и , соответственно, влияние ее на разгаростойкость.

Разгаростойкость штампов, изготовленных из жаропрочных сложнолегированных никелевых сплавов.

5.

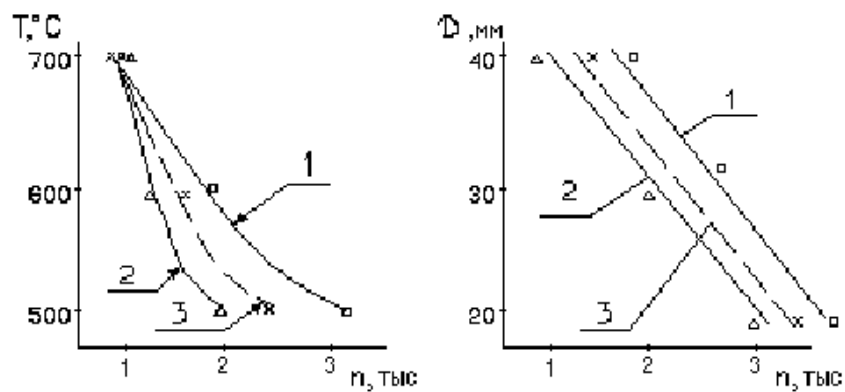


Рис.4.3. а)

б)

термоусталостные кривые для штамповых сталей :

1- 5X5MФC, 2 – 3X2B8, 3- 5X3B3MФC.

а) при диаметре образца $D = 40$ мм и переменной температуре.

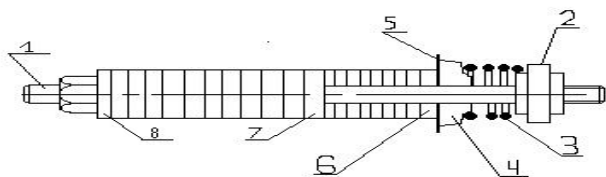
б) при температуре поверхности 600°C и переменном диаметре D от 20 до 40 мм.

Рис.4.4. Оправка с экспериментальными образцами:

1-стержень, 2-гайка затяжки, 3-пружина,

4-опорная шайба, 5-экран, 6,8-нерабочие части набора.

7-экспериментальные образцы.



легированных повышенной теплостойкости

штамповых сталей 8X4B3M3Ф2 (ЭП5Ю), 6X4M2ФC (Ди 55) и др.?

7. Какие штамповые стали можно термообработать на первичную или вторичную твёрдость ?

8. Что следует делать для предотвращения обезуглероживания поверхностного слоя гравюры штампа при термообработке?

2. УПРОЧНЯЮЩАЯ ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СТАЛЕЙ ДЛЯ ШТАМПОВ ГОРЯЧЕГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Цель работы: изучить особенности фазовых превращений и режимов окончательной термической обработки низко – и среднелегированных инструментальных сталей для молотовых штампов, прокатных волков и других инструментов горячего деформирования.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Основные положения

В группу инструментов, работающих в горячем состоянии, входят штампы объемной штамповки, прессования, выдавливания, высадки, вытяжки, прошивки, резки, вырубки, а также пресс-формы для отливки штампов под давлением. Эти деформирующие инструменты работают при повышенных температурах, переменных многократных нагреве и охлаждении, а также при повышенных переменных многократных нагружениях рабочего слоя гравюры. В связи с этим можно определить общие требования к инструментальным материалам. В условиях прессования и прошивки кон такт рбочего слоя с обрабатываемыми заготовками более длительный, чем, например, при штамповке на молотах, поэтому уровень требований к материалам для разных инструментов горячего деформирования не должен быть одинаковым.

Общие требования к наиболее важным свойствам инструментальных материалов, предназначенным для штампов горячего деформирования, следующие:

– *Физические:* низкий коэффициент теплового расширения, хорошая теплопроводность и окалиностойкость (особенно при нагреве выше температуры 600 °С);

Критерий разгаростойкости.

В качестве критериев оценки разгаростойкости чаще всего используют:

- 1)число циклов до появления первых трещин,
- 2)протяжённость трещин на единицу поверхности,
- 3)глубину развития трещин.

Эти и им подобные показатели, хотя и связаны между собой, отражают вместе с тем различные стороны процесса, что затрудняет нахождение корреляционной связи между ними.

Разгарообразование материала может быть достаточно всесторонне представлено двумя графиками (рис.4.3), отражающими распространение трещин по поверхности циклирования и в её глубь в зависимости от числа циклов теплосмен. Такие графики содержат информацию и о начале видимого разрушения (то есть третий критерий).

Как видно из рис.4.3. разные штампованные стали при различных температурных диапазонах ведут себя неодинаково. Так при максимальной температуре цикла 500⁰ С сталь марки 4Х5МФС наиболее разгаростойка, а при 700⁰ С – сталь марки 3Х2В8Ф. Исследуемые образцы изготавливаются в виде толстостенных колец (рис.4.4.).

Разница в напряженном состоянии при выбранном способе нагрева – охлаждении задаётся величиной наружного диаметра. Для изучения разгаростойкости в условиях теплоконтактного нагрева образцы надеваются на шину – 1 из жаростойкого сплава, ток к которой подводится медными токопроводами – 6 и 8, а прижим их к друг другу осуществляется с помощью пружины – 3 и гайки затяжки – 2. Образцы циклически нагреваются в заданном интервале температур и выдержек.

прессовых штампов даёт азотирование. При этом трещины разгара хоть и появляются раньше (через 1-25 штамповок, вместо 400), но общая их стойкость возрастает, благодаря тому, что поверхностное упрочнение не позволяет сминаться или истираться тем участкам (калибрующий пояс), которые этому подвержены, когда инструмент эксплуатируется поверхностно неупрочнённый.

К эксплуатационным факторам относятся: температура деформирования, степень деформации, вид смазки, условия подогрева инструмента и т.д.

Усталостная прочность металла понижается с повышением температуры. После 800 циклов при температуре 650⁰ С предел прочности инструментальной стали уменьшается более чем в три раза.

При прочих равных условиях следует стремиться, чтобы при эксплуатации инструмента нагрев его был бы как можно меньше. Температурные условия – максимальная и минимальная температуры цикла оказывают решающее влияние на разгаростойкость. Разгаростойкость зависит от обеих температур (амплитуды), но в первую очередь от максимальной.

Развитие термической усталости многократно усиливается если термоциклирование сопровождается фазовыми превращениями. Так, установлено, что если максимальная температура превышает температуру устенизации, а минимальная опускается ниже мартенситного превращения, число циклов до появления трещин глубиной 0,5мм в 8 раз меньше по сравнению со случаем, когда охлаждение не приводит к мартенситному превращению. Предотвращение фазовых превращений важное направление в повышении стойкости инструмента. Необходимо пред началом работы осуществлять контролируемый подогрев инструмента, а в процессе штамповки обеспечивать поддержание минимальной температуры цикла на заданном уровне.

Эксплуатационные: сопротивление хрупкому разрушению, износостойкость, теплостойкость, разгаростойкость, устойчивость против химического взаимодействия с расплавом (для пресс-форм литья под давлением).

Нагрев рабочих слоев деформирующих инструментов в условиях эксплуатации зависит не только от температуры обрабатываемых заготовок, но и от длительности контакта с ними и от особенностей охлаждения. При быстром деформировании (на молотах и быстроходных прессах при ковке и высадке) и интенсивном охлаждении штампы нагреваются меньше, чем при медленном (прессование, выдавливание, вытяжка, штамповка при малых скоростях) или при высоких температурах обработки. В зависимости от условий деформирования заготовок материалы для штампов следует выбирать с различным уровнем указанных свойств. Например: для молотовых штампов теплостойкость стали может быть не очень высокой, но вязкость, разгаростойкость наряду с высоким сопротивлением пластической деформации для них являются главными свойствами. Наоборот, для инструментов медленного деформирования наиболее высокими должны быть такие свойства как окалиностойкость и теплостойкость.

По уровню основных свойств (ударная вязкость, теплостойкость и другие), определяемому характером легирования и термической обработкой, штамповые стали для горячего деформирования разделены на четыре подгруппы:

- Стали повышенной вязкости и невысокой теплостойкости 5ХНМ, 5ХНВС, 5ХГМ, 4ХМФС (4ХСМФ), 5Х2МНФ (ДИ 32);
- Стали повышенной вязкости и средней теплостойкости 4Х5МФС, 4Х5В2ФС, 4Х5МФ1С, 4Х3ВМФ (ЗИ 2), 3Х3М3Ф, 4Х4ВМФС (ДИ 22), 4Х3ВМФС (ДИ 71);

- Стали повышенной теплостойкости 3Х2В8Ф, 5Х3В3МФС (ДИ 23);
- Стали высокой теплостойкости 2Х6В8М2К8 (ЭП 745), 2Х8В9М2К9.

Кроме штамповых сталей для инструментов горячего деформирования можно использовать быстрорежущие стали Р9, Р12, Р6М5, Р6М3, 10Р6М5, Р14Ф4, Р12Ф3, Р6М5Ф3, Р6М5К5 и другие, имеющие теплостойкость до 620 °С (твердость 58 HRC), а также порошковые быстрорежущие стали Р12М3Ф2К8–МП, Р12М3Ф3К10–МП, Р12МФ5–МП, Р9М4К8–МП, Р6М5К5–МП, Р6М5Ф3–МП (МП – металлургия порошковая). Цена этих сталей на 35% выше изготовленных по обычной технологии, зато стойкость штампов из них в 2 раза больше.

Очень эффективно использование спеченных твёрдых сплавов марок ВК8, ВК20 и ВК30. Из них изготавливают матричные вставки при выдавливании и объемной штамповке, ротационной ковке и электровысадке. Основными преимуществами твердых сплавов являются высокая теплостойкость, износостойкость и прочность при нагреве до температуры 1000 °С. В то же время твердые сплавы хрупки и имеют низкую разгаростойкость. Кроме того, стоимость твердосплавных заготовок в 3-10 раз превышает стоимость таковых той же массы из штамповой стали. Однако такие затраты окупаются за счет повышения стойкости в 30-40 раз. Например, количество заготовок клапанов, выдавленных в штампе из стали 4Х3ВМФ, достигает 2000-2400 шт., тогда как штамп с рабочей частью из ВК20 обеспечивает получение от 60 до 80 тысяч аналогичной продукции.

Для штампов горячего деформирования нашли использование жаропрочные стали и сплавы, используемые традиционно для аэрокосмических двигателей. Это аустенитные

инструментального материала и медленнее она снижается при эксплуатации инструмента под действием термоусталостных процессов, тем выше его разгаростойкость. Легирование не только позволяет повысить прочность, но что не менее важно, значительно снизить скорость диффузионных процессов, разрыхляющих и охрупчивающих и тем самым снижающих усталостную прочность материала инструмента. Максимальная устойчивость против образования разгарных трещин в условиях интенсивного нагрева и охлаждения штампов при автоматической штамповке достигается у стали с минимальным содержанием углерода (0,3-0,4%С) и вольфрама (например, 3Х3М3Ф).

Крупногабаритный штамповый инструмент должен изготавливаться из стали не склонной к отпускной хрупкости и флекеноустойчивой. Это достигается введением сильно карбидообразующих элементов (Мо, W). Это стали 4Х5МФ 3Х3М3Ф, 3Х2В8.

К технологическим факторам относятся: размеры и формы инструмента, сложность конструкции штампов и др. Вполне очевидно, что чем проще форма и меньше размеры поковки относительно размеров инструментов, тем выше его стойкость. Способ изготовления, термическая обработка, упрочнение гравюры инструмента. Например, независимо от твердости материала трещины на грубошлифованной поверхности образуются раньше и развиваются быстрее, чем на полированной. За счёт достижения при термической обработке более мелкого зерна удаётся повысить оптимальную твердость, при которой материал обладает наибольшей разгаростойкостью. Так, ковочные выталкиватели из стали 3Х2В8Ф или 45Х3В3МФС при твердости 52-54 HRC 44-48 и величине зерна 4,8-6,1 мкм. Большой эффект повышения стойкости матриц и пуансонов, Практика показывает, что в тех случаях, когда инструмент

выходит из строя по причине ярко выраженного разгара, стойкость его, как правило, значительно ниже обычной нормы.

Факторы, влияющие на разгаростойкость штампов и условия её повышения.

На стойкость горячего деформирующего инструмента влияют две группы факторов: металлургические, конструктивные и эксплуатационные.

К металлургическим факторам относятся:

1) Качество металла, которое определяется чистотой по вредным примесям, газам и неметаллическим включениям, отсутствием пор, газовых пузырей, рыхлот и др. дефектов, а также структурной однородностью.

Повышение металлургической чистоты штамповой стали способствует повышению её разгаростойкости на 25% (методы ЭШП, ВДП, ЭЛП и др.).

Недостаточно прокованный, неплотный металл склонен к разгарообразованию.

Качество металла штампованного кубика снижается при приближении его к центру, поэтому при возобновлении гравюры путём строжки снижается их стойкость. Особенно сильно эта тенденция проявляется для штампов с глубокими ручьями и полостями. Таким образом, от способа изготовления заготовки зависит стойкость инструмента.

2) Легирование, способствующее повышению механических свойств (и в первую очередь усталостной прочности). По этой причине, несмотря на более высокий уровень термических напряжений (при одинаковых температурных условиях эксплуатации), обусловленных пониженной теплопроводностью, легированные стали обладают большей стойкостью, чем углеродистые. Чем выше усталостная прочность

дисперснотвердеющие стали марок 10X12H20T3P (ЭИ 696) и 10X12H22T3MP (ЭИ 696М или ЭП 33). Они используются для инструментов, работающих при температурах 500-750 °С. В тех случаях, когда штампы нагреваются до температур 700-900 °С и при этом нагружаются большим механическим усилием, а их поверхность подвергается истеранию, применяют жаропрочные никелевые сплавы (нимоники). В этих сплавах упрочнение достигается за счет выделения интерметаллидных фаз при старении. Предпочтительно использование литых штампов из этих сплавов марок ЖС6, ЖС6К, ЖС6КП, ЖС6У, ЖС6Ф, так как они более легированы и упрочняющей γ' -фазы (интерметаллид Ni3Al) в них достигает 40 и даже 60%. За счет этого литейная технология позволяет не только снизить расходы на изготовление штампов, но и повысить их работоспособность.

Марки деформируемых жаропрочных сплавов: ХН77ТЮР (ЭИ 437Б), ХН70ВМТЮ (ЭИ 617), ХН62ВМКЮ (ЭИ 867), ХН55ВМТКЮ (ЭИ 929) также можно использовать для штампов горячего деформирования. При этом следует знать, что при нагреве инструментов до температур 600-700 °С жаропрочные стали и сплавы имеют преимущества перед лучшими штамповыми и быстрорежущими сталями, однако при температурах 700-800 °С их прочность, износостойкость и особенно разгаростойкость значительно выше. К тому же они обладают высоким сопротивлением хрупкому разрушению. При высоких температурах нагрева вставок из сплава ЖС6 в 50-70 раз выше, чем из стали 3Х2В8 (Табл. 2.1)

Таблица 2.1

Влияние выбора материала штампов на их стойкость.

Вид поковки	Материал поковки	Характеристики штампа			
		Материал кованного штампа	Стойкость, шт. поковок	Материал литого штампа	Стойкость, шт. поковок
Турбинные лопатки	Титановый сплав	5ХНМ	120	ЖСЗ	340
Диск турбины	Никелевый сплав	5ХНВ	25-30	ЖСЗ	160-280
Профили	Жаропрочная сталь	3Х2В8	1-2	ЖСЗ	50

Широкое применение жаропрочных сталей и сплавов для изготовления штампов сдерживается из-за их высокой стоимости, дефицитности и плохой обрабатываемости резанием и давлением.

Стали повышенной вязкости и невысокой теплостойкости

Эти стали марок 5ХНМ, 5ХНВ, 5ХНВС, 5ХГМ, 4ХМФС (40ХСМФ), 5Х2МНФ (ДИ 32) относятся к доэвтектоидным (при 0,35-0,4% С) или близким к эвтектоидным (при 0,5-0,6% С), обладают высокими закаливачемостью и прокаливаемостью. Они предназначены для изготовления молотовых штампов, которые работают в условиях больших ударных нагрузок и разогрева рабочей поверхности. Эти штампы обычно крупные (с размером наименьшей стороны около 300 мм). Заготовки штампов должны подвергаться многократной (не менее 3-х раз) ковке обжатием, чередуя вытяжку с осадкой в 3-х взаимно перпендикулярных направлениях для достижения наибольшей однородности структуры и свойств во всем объеме. Температурный интервалковки от 1180-1200 до 850-900 °С. Охлаждать эти загото заго-

гравюры инструмента. В результате такого комбинированного воздействия резко увеличивается формоизменение поверхности гравюры, на которой возникают не только сетка трещин, но и борозды значительной величины (рис.4.2).

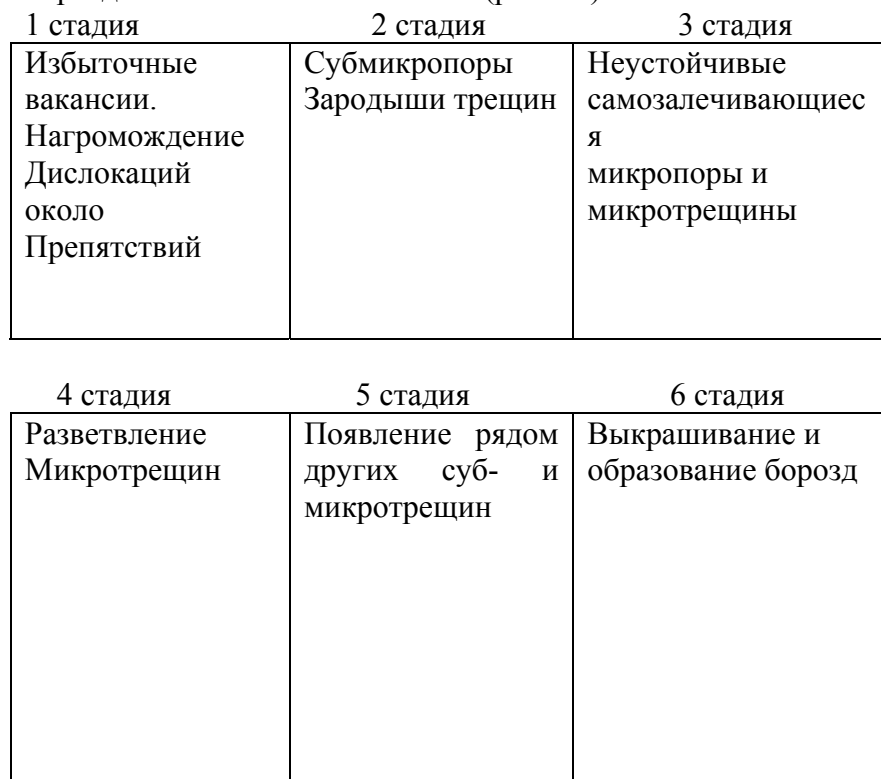


Рис.4.2. Схема многостадийного процесса образования трещин как термической усталости, так и разгара.

Затекание металла поковок в такие борозды ведёт к их залипанию в полости штампа и резким теплосменам, последнее крайне опасно из-за возможности термошокового разрушения.

E- энергия образования вакансий;

T- температура;

R- постоянная Больцмана.

C повышением температуры она возрастает, а с понижением падает.

Избыточные вакансии после каждого цикла нагрева и охлаждения очень быстро исчезают, стекая в ядра дислокаций, границы блоков и зёрен, в суб-и микропоры, а также объединяясь (коалесценция) в субмикропоры. Периодически резкое снижение напряжений и температуры каждый раз фиксирует повышенную конденсацию вакансий, а отсюда и появление субмикропор и развивающихся из них микро- и макропор. На новых стадиях процесса субмикропоры как и дислокационные очаги разрушения могут залечиваться при нагреве. Однако по мере дальнейшего высокотемпературного циклического нагружения количество и размер пор растут за счёт диффузионного притока вакансий, металл разрыхляется прочность его понижается.

Появление микротрещин термической усталости следует рассматривать как разрыв под действием термических напряжений металла, ослабленного парами. В условиях теплосмен в широкой области у вершины трещины металл более разрыхлён (вследствие концентрации напряжений), что создаёт благоприятные возможности как для разветвления трещины, так и возникновения рядом многих других. При развитии густой сетки микротрещин металл в этих местах начинает выкрашиваться, что ведёт к образованию макротрещин (рис.4.2).

В зависимости от того какие напряжения преобладают (механические или термические) характер разгарных трещин меняется, выражая тот или иной вид усталости металла.

Появление разгарных трещин интенсифицирует износ и смятие, приводят к необратимым формоизменениям, а также подготавливают выкрашивание крупных участков поверхности

товки послековки можно медленно, так как эти стали чувствительны к образованию флокенов. Поковки штампов проходят предварительную термическую обработку – улучшение (закалка с высоким отпуском на сорбит) для повышения механической обрабатываемости. Готовые штампы подвергают упрочняющей термической обработке закалкой с температуры 850 °С в масле с последующим отпуском при температурах 400-480 °С на структуру тростита. При этом достигается твердость 42-46 HRC. Нагрев под закалку должен быть медленным, фигуру штампа следует укрыть обрабатываемым карбюризатором для предотвращения окисления и обезуглероживания поверхностного слоя. Кроме того, рекомендуется при закалке крупных штампов охлаждать в масле до температуры 100-150 °С, а затем немедленно проводить отпуск во избежание появления трещин. Для штампов с мелкими ручьями, в которых металл быстро подстывает, твердость должна быть более высокая.

Хвостовая часть штампов должна иметь высокую вязкость, пластичность и низкую твердость. Для этого после отпуска штамп устанавливают на специальную печь-плиту, на которой хвостовую часть нагревают до температуры 600-700 °С. При этом гравюра штампа не должна нагреваться выше 250-350 °С (что соответствует синему и началу серого цветам побежалости на светлой зачищенной поверхности).

Для повышения поверхностной твердости и износостойкости зеркало штампа азотируют (толщина слоя около 0,3 мм) или цианируют (толщина слоя до 0,2 мм). После такой обработки штампы из указанных сталей имеют теплостойкость до температуры 600 °С и ударную вязкость от 50 до 100 Дж/см².

Карбидообразующие элементы (вольфрам, молибден, ванадий и титан), которые входят в состав этих сталей, обеспечивают им требуемые достаточно высокие

эксплуатационные свойства, сопротивление хрупкому разрушению и износостойкость, а также хорошую технологичность при термической обработке, препятствуя росту зерна аустенита при закалке и проявлению отпускной хрупкости второго рода (за счет вольфрама и молибдена) и обеспечивая высокую закаливаемость, прокаливаемость и малую склонность к деформациям и трещинам.

Выбор сталей данной группы проводят в зависимости от условий работы штампов. Так, например, сталь 5ХНМ обеспечивает удовлетворительную стойкость штампов (от 3 до 10 тысяч штамповок) при изготовлении поковок из углеродистых и низколегированных конструкционных сталей в условиях невысокого разогрева (до 500-550 °С). при штамповке же поковок из жаропрочных и нержавеющей сталей стойкость штампов из этой стали ниже на 2 порядка. В этом случае надо взять сталь 5Х2МНФ (ДИ 32), которая превосходит стали 5ХНМ и 5ХНВ по стойкости и износостойкости. Если из этих сталей вместо молотовых изготовить прессовые штампы (условия работы ужесточаются по времени контакта с нагретой заготовкой), то они рекомендуются для обработки мягких цветных сплавов. В процессе работы твердость материала штампов не должна снижаться ниже 35 HRC, иначе они быстро выйдут из строя из-за смятия и износа.

Стали повышенной вязкости и средней теплостойкости

Эти стали содержат несколько меньше (от 0,3 до 0,4%) углерода, но наиболее легированные. При отжиге их структура состоит из сорбитообразного перлита и избыточных карбидов. Это заэвтектоидные стали, содержащие от 3 до 5% хрома, до 2% вольфрама, до 3% молибдена, до 1% ванадия

Возникновение таких трещин вызывается тем, что при циклическом изменении температуры, которое обуславливает термическую усталость, в материале поверхностного слоя инструмента неизбежно циклическое проявление термических напряжений.

В этом сходство термической и механической усталости. Однако, кроме этого процесса при термической усталости реализуются также циклические многочисленные диффузионные высокотемпературные процессы: возврата, рекристаллизации, сфероизации, коагуляции, порообразования, ползучести, коалесценции.

При этом дислокационное упрочнение под действием циклических напряжений, приводящее даже к появлению очагов разрушения, переплетается с одной стороны с процессами разупрочнения, релаксации и залечивания очагов разрушения за счёт возврата, рекристаллизации, ползучести, а с другой стороны с процессом порообразования и разрыхления за счёт него материала. Этот процесс вызывается циклическим появлением избыточной против равновесной концентрацией вакансий, которому способствует как циклическое изменение напряжений, так циклическое изменение температуры.

При первом вакансии образуются за счёт дислокаций. При последней избыточные вакансии появляются по той причине, что для каждой температуры существует своя равновесная концентрация вакансий в материале. Её можно вычислить по формуле:

$$C = e^{-E/RT} \quad (6.1)$$

Где C - равновесная концентрация вакансий ($C = n/N$),

n- число вакансий, приходящихся на

N- общее число узлов кристаллической решётки в единице объёма металла;

разгаростойкость стали наибольшая, а износостойкость достаточно удовлетворительная.

Причины образования и кинетика развития разгарных трещин.

При работе инструмента горячего деформирования, например кузнечных штампов, его поверхностные слои испытывают циклические механические и термические воздействия. Как известно, одни только механические циклические изменения напряжённого состояния материала могут привести его к механической усталости. При механической усталости возникают единичные очаги разрушения, поражающие большие участки сечения инструмента (рис.4.1). При термической усталости, как правило, образуются сравнительно мелкие многочисленные трещины, развивающиеся в поверхностных слоях.

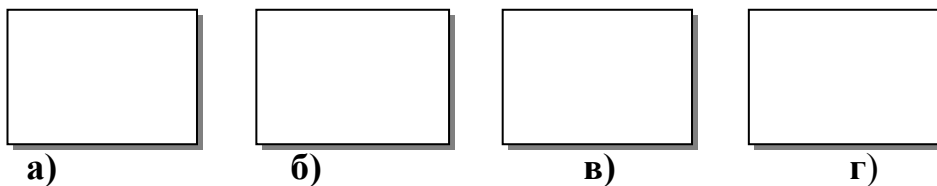


рис.4.1. Вид трещин при усталости материала:

- а)механической, б)термической, в)механической и термической, г)термической и механической.

(карбидообразующие), а также до 1% кремния. Марки: 4X5МФС, 4X5В2ФС, 4X5МФ1С, 4X3ВМФ (ЗИ 2), 3X3МЗФ, 4X4ВМФС (ДИ 22), 4X3ВМФС (ДИ 71) по ГОСТ5950-73.

Ковка заготовок штампов из этих сталей делается так же как и из сталей типа 5ХНМ. Окончательная же термическая обработка отличается высокой температурой закалки. Калят эти стали с температур 1000-1050 °С с целью получения более легированного аустенита за счет растворения избыточных карбидов типа Me_2C , MeC , Me_6C и $Me_{23}C$. После закалки твердость около 50 HRC из-за наличия достаточно большого количества остаточного аустенита (около 40%). Отпуск проводят двукратный: первый при температуре 530-560 °С, а второй при 500-520 °С на твердость 47-49 HRC. Ударная вязкость при этом составляет от 50 до 65 Дж/см². Теплостойкость этих сталей до 600-650 °С. Отличаются они высокими разгаростойкостью и горячей прочностью.

Указанные стали используют для изготовления мелких молотовых штампов, крупных (до 250 мм) молотовых прессовых вставок при горячем деформировании конструкционных сталей и цветных сплавов в условиях крупносерийного и массового производства, для пресс-форм литья под давлением алюминиевых, цинковых и магниевых сплавов. Чем менее пластичен обрабатываемый материал, тем более легированную сталь следует выбрать для штампов. Так, для горячего деформирования легированных конструкционных и жаропрочных сталей более подходит для изготовления штамповых вставок сталь 4X5В2ФС, чем 4X5МФС.

После окончательной термической обработки поверхность гравюры штампа дополнительно упрочняют азотированием или цианированием для повышения твердости и износостойкости. Стойкость штампов из этих сталей в 3-4раза выше, чем из сталей предыдущей группы (стали типа 5ХНМ),

поэтому, несмотря на то, что их стоимость приблизительно на 75% выше, чем менее легированные стали, их использование экономически выгодно.

Стали повышенной теплостойкости

Эти стали высоколегированные и по структуре относятся к заэвтектоидным (и очень близки к ледебуритным сталям). Эти стали марок 3Х2В8Ф, 5Х3В3МФС (ДИ23) используют для изготовления штампов, предназначенных для обработки жаропрочных сталей и сплавов. В процессе работы штампы и прессовый инструмент (прошивочные и формирующие пуансоны, матрицы и др.) подвергаются при обработке этих материалов интенсивному разогреву до температур 650-700 °С, а иногда и более.

Стали 3Х2В8Ф, 5Х3В3МФС (ДИ23) высоковольфрамовые комплекс- но легированные, близкие к быстрорежущим сталям, но отличаются от них пониженным содержанием углерода. Эти стали имеют повышенную износостойкость и разгаростойкость, однако их сопротивление хрупкому разрушению Эти стали невелико. По этой причине из них делают вставки штампов, работающих в тяжело нагруженных условиях (окончательный ручей, вставные знаки, матрицы, пуансоны и т.д.).

Ковку заготовок штампов из этих сталей проводят в том же температурном интервале, что и из сталей предыдущих групп. Медленное растворение специальных карбидов и обусловленное этим замедление роста аустенитного зерна в стали 3Х2В8Ф позволяет расширить диапазон температур нагрева под закалку от 1050 до 1200 °С. При повышенных требованиях к прочности и удельной вязкости температуру закалки следует брать невысокую, а при повышенных требованиях к теплостойкости, наоборот, максимальную. Обычно

Таблица 4.1

Причины выхода из строя и стойкость штампов из стали 5ХНТ в зависимости от их твёрдости

Поковка	Твёрдость штампа, HRC	Средняя стойкость штампа, тыс. шт.	Причина выхода из строя
Молотовые штампы			
Шатун	52	0,52	Р.Т. ^x
	42	4,2	<i>Р.Т. и истирание</i> истирание и Р.Т. истирание
	40	4,8	
	35	4,6	
Фланец	52	0,7	Р.Т.
	42	0,85	Р.Т.
	40	1,5	Р.Т. и смятие гравюры
	35	1,0	смятие гравюры
Шестерня	52	0,85	Р.Т.
	42	2,55	Р.Т. и истирание истирание и Р.Т. иктусация и Р.Т.
	40	3,3	
	35	3,2	
Прессовые штампы			
Шестерня заднего хода	53	0,7	Сетка Р.Т.
	47	1,1	Сетка Р.Т.
	42-44	3,26	Р.Т. и истирание
	40	8,0	Сетка Р.Т.

^x.Р.Т. – разгарные трещины.

Из этой таблицы очевидно, что наибольшая стойкость штампов наблюдается при твёрдости стали 40HRC, при которой инструмент выходит из строя одновременно из-за разгарных трещин, истирания или смятия, то есть тогда, когда

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗГАРОСТОЙКОСТИ

Цель работы: определить разгаростойкость некоторых марок инструментальных сталей, сплавов, используемых для инструментов горячего деформирования.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Основные положения

Разгаростойкость – это способность материала деформирующего инструмента противостоять возникновению поверхностных трещин из-за усталости при одновременном циклическом изменении температуры и усилий.

Инструмент горячего деформирования, как правило, выходит из строя из-за возникновения разгарных трещин (табл.4.1)

См.на след. странице

закалку осуществляют с температур 1120-1150 °С в масле. Последующий отпуск двукратный: первый при температурах 640-660 °С, а второй при температурах 600-620 °С на твердость 42-46 HRC.

Теплостойкость этих сталей с оставляет от 650 до 685 °С, а ударная вязкость от 20 до 30 Дж/см². Однако при температуре эксплуатации 600-650 °С ударная вязкость этих сталей в отличии от сталей предыдущих групп возрастает до 40 Дж/см², чем и объясняется их повышенная разгаростойкость. Стойкость штампов из стали 5Х3В3МФС (ДИ 23) в 1,5-3 раза выше, чем из стали 3Х2В8Ф за счет более комплексного легирования. Также, как и штампы из друних сталей для поверхностного упрочнения гравюры рекомендуется азотирование и для этих марок сталей.

Стали высокой теплостойкости

Стали эти еще более легированные, но содержат небольшое количество углерода (около 0,2%). Теплостойкость сталей марок 2Х6В8М2К8 (ЭП745), 2Х8В9М2К9 достигает 720 °С. Они высоковольфрамовые азевтектоидные и близки к ледебуритным (также как и стали предыдущей группы). Суммарно в них содержится 24-29% легирующих элементов и они склонны к эффекту вторичного твердения при отпуске. Наряду с карбидами (типа Me₆C), при отпуске в них происходит выделение мелких терметаллических соединений (типа (Fe,Co)₇W₆).

Ковку заготовок штампов из этих сталей проводят также как и сталей других групп. Закалку осуществляют с температуры 1200 °С в масле. За- тем отпускают двукратно при температурах 660-760 °С и 600-620 °С на твердость 52 HRC. Из-за невысокой ударной вязкости (20 Дж/см²) из этих сталей делают малогабаритные вставки инструментов для штамповки и прессовки нержавеющей и высокопрочных сталей и сплавов

при повышенных температурах и больших давлениях в условиях всестороннего сжатия.

Стойкость штампов из этих сталей в 3-5 раз выше, чем из стали 3Х2В8Ф. Однако тяжело нагруженный инструмент из них (матрицы, пуансоны, выталкиватели, вставные знаки и другое) рекомендуется изготавливать с сечением менее 100 мм, поскольку при диаметрах более 100 мм удельная вязкость снижается до 15 Дж/см². Это объясняется тем, что из-за большой выдержки при нагреве неизбежно выделение карбидов по границам зерен аустенита и обеднение приграничных участков легирующими элементами, поэтому границы зерен разупрочняются быстрее, чем сами зерна и при повышенных температурах работы инструментов ударная вязкость и пластичность снижаются. Сталь 2Х6В8М2К6 (ЭП745) превосходит сталь 3Х2В8Ф по теплостойкости (на 100 °С), разгаростойкости и окалиностойкости. Ударная вязкость этой стали при температуре разогрева до 700 °С возрастает до 40-60 Дж/см², поэтому при повышенных температурах она обладает достаточно хорошей стойкостью в условиях циклического нагружения большими усилиями. Для повышения износостойкости поверхностного слоя штампов из этих сталей необходимо проведение азотирования, совмещая его с режимом отпуска.

Характеристика штамповых сталей, используемых в данной лабораторной работе

Для лабораторной работы взяты образцы сталей 5ХНМ, 70Х2МФБ и 4Х4ВМФС (ДИ22). Первая марка относится к штамповым сталям горячего деформирования первой подгруппы, а третья – ко второй подгруппе, подробно рассмотренных ранее. Эти стали предназначены для изготовления молотовых

И преобразовать (1) в

$$P_K = T_{\theta} (c + \lg m \tau_K K_{\Sigma}) 10^{-3}, \quad (3.3)$$

где T_{θ} – температура нагрева поверхности штампа в процессе

эксплуатации, К.

С помощью выражения

$$m = \frac{P_K 10^{-3}}{(10 - c)^{\tau_K K_{\Sigma}}}, \quad (3.4)$$

рассчитать стойкость штампов для среднелегированных и высоколегированных штамповых сталей.

9. Составить отчет и сделать выводы о проделанной работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое теплостойкость? Как она определяется?
2. Как классифицируются стали по теплостойкости?
3. Какова должна быть теплостойкость сталей, предназначенных для изготовления пуансонов и матриц вырубных штампов по мягкой стали? Алюминиевым сплавам? Латуням? Молотовых штампов? Игл и матриц прессования алюминиевых сплавов?
4. Какие процессы происходят при нагреве закаленной стали? Как при этом изменяются ее свойства?
5. Какими факторами определяется теплостойкость?
6. Расположить в ряд по возрастанию теплостойкости стали марок: У10А, Р18, 75ХМ, 9Х, Х12М, 3Х2В8, 5ХНМ и 4Х5В2ФС.
7. Как относятся температура отпуска и теплостойкость?
8. Как влияют температура и время эксплуатации штампа на его стойкость?

Теплостойкость Т40-2 и Т50-2 определить из графика, построенного по результатам измерения твердости в координатах: твердость HRC – температура °С.

где τ_k – время контакта штампа с поковкой, ч.;

m – число циклов (или количество штамповок), шт.;

$K_{ц}$ – коэффициент цикличности ($K_{ц} > 1$).

6. По данным таблицы 3.2 рассчитать по формуле Холломона и Иоффе отпускной параметр

$$P = T(c + \lg \tau) 10^{-3},$$

(3.1)

где P – отпускной параметр;

T – температура, К;

τ – время, ч.;

c – постоянная зависящая от химического состава штамповой стали.

(для углеродистых сталей – $c=14$,

для среднелегированных типа 5ХНМ, 5ХНВ – $c=18$,

для высоколегированных типа 3Х2В8Ф – $c=22$)

7. На рис. 3.1 по абсциссе ниже координаты со значениями температуры отпуска провести линию и проставить полученные данные отпускного параметра.

8. Найти на рис. 3.1 критическую твердость для каждой стали – H_k (минимально допустимая при эксплуатации инструмента из данной стали) и найти значение критического отпускного параметра – R_k . Далее подставить в (1) вместо τ суммарное время циклического нагрева в процессе работы штампа

$$\tau_{\Sigma} = m \tau_k K_{ц}$$

(3.2)

где τ_k – время контакта штампа с поковкой, ч.;

m – число циклов (или количество штамповок), шт.;

$K_{ц}$ – коэффициент цикличности ($K_{ц} > 1$).

штампов. Вторая марка 70Х2МФБ используется для изготовления рабочих валков станов горячей листовой прокатки алюминиевых и других цветных сплавов, поверхностный слой которых в процессе эксплуатации нагревается до 400-450 °С. Она соответствует, по комплексу эксплуатационных свойств, сталям второй подгруппы. Твердость поверхности бочки валков должна быть не ниже 47 HRC при глубине закаленного слоя не менее 15 мм. Исходя из температур эксплуатации, отпуск после закалки рабочих валков проводят при температурах не ниже 500 °С.

В отожженном состоянии (830 °С, 1 час, охлаждение 60 °/час до 600 °С далее на воздухе) эта сталь (заэвтектоидная) имеет перлитную структуру со сфероидизированными карбидами (структура зернистого перлита): легированного цементита (Fe, Cr, Mo)₃C и небольшого количества специальных карбидов (Cr, Mo)₇C₃, VC и NbC. С повышением температуры нагрева легирующие элементы насыщают твердый раствор за счет растворения сперва легированного цементита, а при более высоких температурах (выше 900-1000 °С) и специальных карбидов. Особенно трудно растворимы карбиды VC и NbC, последний частично сохраняется даже до плавления и препятствует сильному росту аустенитных зерен. Укрупнение зерна начинается только при температурах закалки выше 1050 °С. Закалка с температур менее указанной обеспечивает сохранение мелкого зерна (балл 9-10, диаметр от 7 до 17 мкм), что предопределяет повышенные значения предела текучести и ударной вязкости. Присутствие в аустените Cr и Mo повышается.

Наибольшая твердость этой стали после отпуска при температурах 500-600 °С достигается только тогда, когда все карбиды, в том числе и VC (кроме NbC), растворены в аустените при температурах закалки 1050-1100 °С. Закалка с

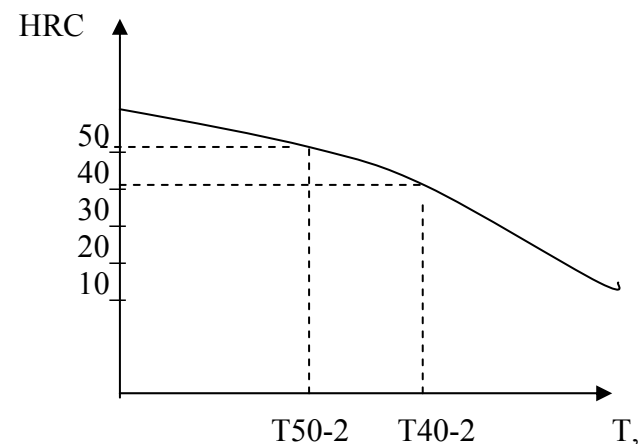
температур менее 900 °С не вызывает вторичного твердения и в этом случае сталь имеет пониженную твердость после отпуска в указанном интервале температур.

Контролируемый минимум знаний

1. Общие требования к наиболее важным свойствам инструментальных материалов для штампов горячего деформирования.
2. Отличие в требованиях к свойствам материала для штампов быстрого и медленного деформирования (ковки и прессовки).
3. Инструментальные стали для штампов горячего деформирования (группы, марки, химический состав, структура и свойства).
4. Стали и сплавы различного назначения, используемые для изготовления штампов горячего деформирования (группы, марки, химический состав, структура и свойства).
5. Ковка заготовок штампов горячего деформирования из инструментальных сталей.
6. Режимы упрочняющей термической обработки штампов для горячего деформирования из инструментальных сталей различных групп.
7. Влияние легирования на процессы превращений при отпуске на структуру и свойства сталей.
8. Сущность вторичного твердения.
9. Влияние легирующих элементов на диаграмму железо–углерод (критические точки стали).
10. Влияние легирующих элементов на диаграмму изотермического превращения переохлажденного аустенита и прокаливаемость стали.

Марка стали	Термообработка				HRC	Твёрдость при t-ре испыт. °С после 2-х часов, HRC				Теплостойкость	
	закалка		Отпуск			200	400	600	800	T,50-2	T,40-2
	T,°С	Охл. среда	T,°С	Время выдер.							
У10А	800	масло	200	1 час.							
75ХМ	900	масло	200	1 час.							
Р9	1280	масло	200	1 час.							
70Х2МФВ	1000 ¹	масло	200	1 час.							
X12M	1050	масло	200	1 час.							

5. Построить график изменения твердости от температуры выдержки и определить теплостойкость T40-2 и T50-2 для каждой марки стали рис. 3.1:



Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Описание методики проведения испытаний инструментальных сталей на теплостойкость.
3. Краткая характеристика фазовых превращений при различных температурах выдержки термообработанных образцов сталей.
4. Результаты экспериментальной части:
 - а) сводная таблица значений твердости в исходном состоянии и после испытания на теплостойкость;
 - б) график зависимости твердости от температур испытания.
5. Выводы о теплостойкости различных марок сталей после проведенных испытаний.

Порядок выполнения работы

1. Взять образцы стали У10, 75ХМ, Р9 (9% W, 4% Cr, 2% V, 0,3% Mo), прошедших стандартную термическую обработку – закалку и отпуск при температуре 200°C (У10 и 75ХМ) и 560°C (Р9).
2. Измерить твердость образцов сталей в исходном термообработанном состоянии на твердомере Роквелл по шкале “С”.
3. Образцы сталей У10 и 75ХМ поместить в печи с температурой 200, 400 и 600°C, а стали Р9 в печи с температурой 600 и 680°C. Выдержать при заданных температурах 2 часа.
4. Охладить образцы на воздухе до 20°C и произвести замер твердости, данные занести в таблицу 3.2 и построить график в соответствии с рис.3.1

11. Особенности технологии проведения высокотемпературной закалки.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

Задачи работы

1. Овладение теоретическими и практическими знаниями о выборе материалов для штампов горячего деформирования и режимов их упрочняющей термической обработки.
2. Освоение методики проведения закалки и отпуска сталей для штампов горячего деформирования.
3. Установить химический состав, тип структуры и состояние исследуемых сталей.
4. Выяснить влияние температуры нагрева на микроструктуру и твердость закаленных исследуемых сталей.
5. Определить зависимость микроструктуры и твердости от температуры отпуска исследуемых сталей.

Материальное оснащение

1. Методическая разработка.
2. Муфельные печи для термической обработки до 900 °С, шахтная печь для нагрева до 1000 °С.
3. Закалочный бак с маслом, клещи.
4. Твердомер типа Роквел, ТК–2.
5. Образцы сталей 70Х2МФБ, 5ХНМ и 4Х4ВМФС (ДИ22).
6. Шлифовальная бумага различных номеров, полировальный станок, реактивы для травления.
7. Микроскопы типа МИМ–7.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ РАБОТЫ

Задачи работы

1. Овладение знаниями для определения теплостойкости инструментальных сталей и по выбору их для инструментов, работающих в различных условиях, а также режимов закалки и отпуска с выяснением влияния их на теплостойкость инструментов.
2. Освоение методики проведения закалки и отпуска инструментальных сталей.
3. Установить химический состав, тип структуры сталей в исходном и в термообработанном состоянии.
4. Выяснить влияние температур нагрева под закалку и отпуска на твердость исследуемых сталей.
5. Определить зависимость твердости от температуры выдержки, а также определить теплостойкость для каждой марки стали.
6. Установить тип микроструктуры сталей в наиболее характерных состояниях.

Материальное оснащение

1. Методическая разработка.
2. Муфельные печи для термической обработки до 900 °С, шахтная печь для нагрева до 1000 °С.
3. Закалочные баки с водой и с маслом, клещи.
4. Твердомер типа Роквел ТК-2.
5. Образцы сталей У10, 75ХМ, Х12М, Р9, 70Х2МФБ, 55Х2ГСФБ.
6. Шлифовальная бумага различных номеров, полировальный станок, реактивы для травления.
7. Микроскопы МиМ-7.

Содержание отчета

Контролируемый минимум знаний

1. Определение теплостойкости.
2. Классификация теплостойкости в зависимости от области применения инструментальных сталей.
3. Классификация инструментальных сталей по их теплостойкости.
4. Выбор инструментальных сталей с различной теплостойкостью в зависимости от условий работы инструмента. Влияние температуры нагрева инструмента на твердость, прочность и износостойкость инструментальных сталей.
5. Выбор режимов термообработки инструментальных сталей в зависимости от условий работы инструмента.
6. Влияние легирования инструментальных сталей на их микроструктуру и соответственно, влияние ее на теплостойкость.
7. Влияние режимов закалки и последующего отпуска на теплостойкость. Соотношение температуры отпуска и теплостойкости.

1. Цель работы.
 2. Краткая характеристика операций и фазовых превращений при упрочняющей термообработке сталей для штампов горячего деформирования.
 3. Режимы операций закалки и отпуска исследуемых сталей и описание методики их проведения.
 4. Результаты экспериментальной части:
 - а) сводная таблица значений твердости в исходном и закаленном состояниях;
 - б) сводная таблица значений твердости для различных температур отпуска закаленных сталей;
 - в) график зависимости твердости от температуры отпуска;
 - г) схемы микроструктур сталей в исходном, закаленном и отпущенном состояниях.
- Выводы по оптимальности режимов закалки и отпуска исследуемых сталей

Порядок выполнения работы

1. Ознакомление со сталями и сплавами, используемыми для штампов горячего деформирования и теорией термообработки штамповых сталей.
2. Ознакомление с практикой проведения термообработки сталей (оборудование, режимы, выполнение операций и другое).
3. Получить по 5 образцов сталей 5ХНМ, 70Х2МФБ, 4Х4ВМФС (ДИ22) и подвергнуть их закалке, соответствующей температурам 820 и 900°С для первой и 900, 1000°С для остальных сталей.
4. Замерить твердость в исходном и в закаленном состояниях.
5. Закаленные образцы сталей подвергнуть отпуску при температурах: 450, 550 и 650 °С.
6. Замерить твердость сталей после каждого режима отпуска.
7. Построить сводную таблицу 2. 2 результатов после закалки и отпуска сталей и график зависимости твердости от температуры отпуска закаленных сталей.
8. Дать объяснение полученным результатам.

мартенсита и значительная коагуляция выделяющихся карбидов цементитного типа из-за чего снижается твердость, износостойкость и прочность. По составу эти углеродистые ($C \geq 0,7\%$) нелегированные или малолегированные (до 3-4 % легирующих элементов) стали.

Стали, относящиеся к первому и второму классам по твердости, высокие значения твердости, прочности и износостойкости приобретают также в результате мартенситного превращения при закалке. Стали эти средне- и высоколегированные, распад мартенсита в них благодаря легированию задерживается до температуры 450-500 °С. Легированный цементит и карбиды хрома в этих сталях обладают большей устойчивостью против коагуляции. Сюда относятся стали с содержанием углерода более 0,6-0,7 %, легированные большим количеством хрома (4 – 18 %) и некоторыми другими элементами (Si, W, V, Mo). Эти стали используются для штампов холодного деформирования, разогревающиеся в процессе работы (X12, X6ВФ, 7ХГ2ВМ, X12ВМ, X6ФВМ). Сюда относятся и молотовые стали повышенной вязкости типа 5ХНМ, 5ХНСВ и другие.

Стали высокой теплостойкости – это стали высоколегированные. В этих сталях после закалки образуется мартенсит, а при отпуске достигается выделения упрочняющих фаз: сложных карбидов, вольфрама, молибдена, ванадия, коагулирующих при температурах 550-650°С. Стали эти по структуре относятся к ледебуритным, а по назначению – быстрорежущим (Р9, Р18, Р6М5 и другие). При меньшем содержании углерода и легирующих элементов стали с карбидным упрочнением – заэвтектоидные, их используют преимущественно для изготовления инструментов горячего деформирования (3Х2В8Ф, 4Х5В2ФС, 4Х5В1ФСМ и другие).

штамп, тем большей теплостойкостью должен обладать штамповый материал. В зависимости от температуры нагрева гравюры штампа теплостойкость инструментальных сталей делят на следующие классы:

1. до 200-250 °С – отсутствует теплостойкость;
2. до 400-450 °С – низкая теплостойкость;
3. от 400-450 °С до 500-550 °С – средняя теплостойкость;
4. от 500-550 °С до 600-650 °С – высокая теплостойкость;
5. свыше 600 °С – очень высокая теплостойкость.

Теплостойкость режущих сталей характеризуют по предельной температуре, после 2-4-х часового нагрева до которой сталь сохраняет твердость 58 HRC. Теплостойкость штамповых сталей определяют по температуре, при нагреве до которой (2-4 часа) они сохраняют твердость не ниже 36-43 HRC (штампы горячей штамповки).

Температура нагрева гравюры и величина удельных усилий деформирования определяют и необходимую прочность штамповой стали. Прочность и теплостойкость сталей должны быть более высокими для штампов, работающих при повышенных температурах и удельных усилиях деформирования (Прил. 2).

Стали, не обладающие теплостойкостью, высокую твердость, износостойкость и прочность приобретают в результате закалки на мартенсит. Однако эти свойства сохраняются в них лишь при невысоком нагреве. Выше же температур 200-300 °С в них происходит почти полный распад

Таблица 2.2

Зависимость твердости штамповых сталей от режима термообработки.

Марка стали	Закалка в масле			Твердость (HRC) после 30 мин отпуска при T, °C			Микро-структура (650 °C)
	T, °C	τ, мин	HRC	450	550	650	
5ХНМ	800 900						
55Х2ГСФБ	900 1000						
4Х4ВМФБ (ДИ 22)	900 1000						

Контрольные вопросы

1. Требования, предъявляемые к инструментальным сталям для штампов горячего деформирования ?
2. На какие группы подразделяются штамповые стали для инструментов горячего деформирования ?
3. Возможно ли использование сталей и сплавов, предназначенных для режущих инструментов, для изготовления штампов ?
4. Можно ли использовать ферритные стали и сплавы для штампов горячего деформирования ?
5. Какова термическая обработка штамповых сталей типа 5ХНМ, 5ХНВ ?
6. Какие свойства и структура после термообработки должны быть в рабочей части молотового штампа и хвостовике ?
7. Какую рекомендуют химико-термическую обработку гравюры?
8. Какую термическую обработку рекомендуют для штамповых сталей повышенной теплостойкости 3Х2В8Ф, 5Х3В3МФС (Ди23) ?
9. Какую термическую обработку рекомендуют для штамповых сталей высокой теплостойкости ?
10. В чём сущность вторичного твердения ?
11. Какие штамповые стали относятся к ледебуритному классу ? В чём особенность изготовления из них заготовок и окончательной термообработки готовых штампов ?

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Цель работы: определить теплостойкость некоторых марок инструментальных сталей используемых для инструмента.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Основные положения

Инструментальные стали должны иметь высокие твердость, прочность и износостойкость не только при комнатной температуре. Большинство из них должны быть и *теплостойкими*, т. е. обладать способностью сохранять указанные свойства при нагреве, возникающем в поверхностных слоях инструмента при резании различных материалов, деформировании металла, как в горячем, так и в холодном состоянии при высоких удельных давлениях и скоростях деформирования. *Теплостойкость*, как тепловое свойство, характеризуется максимальной температурой нагрева, вызывающей такое изменение структуры и свойств, при котором наступает заметное изменение стойкости инструмента. Эту температуру принято определять по изменению твердости после 2-4-часового нагрева стали, прошедшей закалку и отпуск по нормальному режиму. Свойство теплостойкости определяет не только условия использования каждой инструментальной стали, но и одновременно характеризует ее химический состав, природу упрочнения, вызываемого термической обработкой, вид и режим которой определяется характером и уровнем легирования данной стали. Выбор необходимой теплостойкости штамповой стали для штампов различного назначения производят в зависимости от температуры нагрева поверхностного слоя деформирующего инструмента и продолжительности теплового воздействия. Чем выше температура нагрева и длительность теплового воздействия на

