

**Энгельсский технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю. А.»**

**ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ  
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ**

Методические указания  
к выполнению лабораторной работы  
по курсу «Материаловедение»  
для студентов направлений

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»  
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
18.03.01 «Химическая технология»  
21.03.01 «Нефтегазовое дело»

очной и заочной формы обучения

**Энгельс 2024**

**Цель работы:** изучить закономерности изменения структуры материалов для режущего инструмента и штампов холодного деформирования в зависимости от химического состава и термической обработки

## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Для обработки резанием используются углеродистые (ГОСТ 1435-74), легированные (ГОСТ 5950-73) и быстрорежущие стали (ГОСТ 19265-73), обладающие высокой твердостью (60 – 65 HRC) после окончательной термической обработки (см. таблицу).

Обычно это заэвтектоидные стали (У10, У12, 9ХС, Х, ХВСГ, Х6ВФ) или ледебуритные быстрорежущие стали (Р8, Р6М5, Р9М4К8 и др.) со структурой отпущенный мартенсит и избыточные карбиды (первичные, вторичные).

Для штампов холодного деформирования больших размеров с высокой износостойкостью применяют ледебуритные стали мартенситного класса Х12, Х12М, Х12Ф1 и заэвтектоидную сталь мартенситного класса Х6ВФ. Во многих случаях для изготовления штампов холодного деформирования используют быстрорежущие стали.

Кроме твердости, прочности и износостойкости важнейшей характеристикой инструментальных сталей и сплавов является теплостойкость, т.е. способность сохранять высокую твердость при нагреве в процессе работы. Так, штампы для холодного деформирования в процессе работы разогреваются до 200 – 350 °С, а в некоторых случаях даже до 500 – 530 °С

Углеродистые и легированные инструментальные стали перлитного класса можно использовать в качестве режущего инструмента штампов холодного деформирования небольших размеров только в случае их нагрева не выше 200 – 250 °С. При более высоком нагреве твердость таких сталей сильно снижается.

В отличие от других инструментальных сталей быстрорежущие стали обладают высокой теплостойкостью (красностойкостью) до 620 – 640 °С при сохранении мартенситной структуры и высокой твердости (не ниже HRC 58).

Высокохромистые стали нагревают для закалки до более высоких температур, чем углеродистые и низколегированные стали. Это объясняется необходимостью растворения карбидов хрома в аустените. Быстрорежущие стали нагревают еще до более высоких температур, чтобы растворить карбиды вольфрама. При последующем отпуске выше 540-560 °С из мартенсита выделяются карбиды вольфрама в дисперсной форме, увеличивающие твердость мартенсита. Этот процесс старения или дисперсионного твердения мартенсита известен как вторичная

твёрдость быстрорежущей стали.

Таблица 1

Типовые режимы окончательной термической обработки  
инструментальных сталей

| Марка<br>стали | Содержание<br>углерода, % | Температура, °С |                    | Твёрдость<br>HRC | Прокаливаемость,<br>Д <sub>кр</sub> , мм |
|----------------|---------------------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------------------------------|
|                |                           | заковки         | отпуска            |                  |                                          |
| У10            | 0,95 – 1,04               | 760–780         | 150–160<br>200–250 | 62–63<br>58–59   | 10–20 – в воде<br>4–6 – в масле          |
| X              | 0,95–1,0<br>1,4–1,7 %C    | 840–850         | 150–160            | 62–64            | 20–40 – в воде<br>до 30 – в масле        |
| X6ВФ           | 1,05–1,15                 | 980–1000        | 150–170<br>280–300 | 62–63<br>56–58   | 70–80 – в масле                          |
| X12М           | 1,45–1,65                 | 1030–1050       | 180–200<br>250–275 | 60–62<br>58–59   | 80–100 – в масле                         |
| P18            | 0,7–0,8                   | 1270–1290       | 560–570            | 63–65            | до 100 – в масле                         |
| P6M5           | 0,8–0,9                   | 1200–1300       | 540–560<br>600     | 63–65<br>59      | до 100 – в масле<br>до 100 – в масле     |

Кроме инструментальных сталей для режущего инструмента применяют твердые сплавы, изготовленные методом порошковой металлургии (ГОСТ 3882-74). По этой технологии смешивают порошки карбида вольфрама и кобальта, а затем путем прессования и последующего спекания получают стандартные пластины различных размеров и форм. Кобальт, доведенный до плавления при спекании, выполняет роль связки кристаллов WC.

Так получают твердые сплавы марок ВК6, ВК8, ВК10 и др.

Таким же образом изготавливают пластины титано-вольфрамовых твердых сплавов марок Т5К10, Т15К6, Т30К4 и др. При спекании смесей карбидов WC и TiC образуется новая фаза – твердый раствор вольфрама и углерода в карбиде титана. Твердые сплавы значительно превосходят быстрорежущие стали по красностойкости, твердости и износостойкости. Твердость их достигает 88 – 92 HRA, что соответствует 72 – 80 HRC (HRC = 2HRA-104). Они сохраняют высокую твердость до 900 – 1000 °С.

## **ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ**

Ответы на вопросы даются письменно в порядке самоподготовки по отчету в качестве введения до выполнения лабораторной работы.

1. Какое преимущество имеют низколегированные инструментальные стали по сравнению с углеродистыми?
2. Расшифруйте марки инструментальных сталей: У10, Х, 9ХС, Х6ВФ, Х12М.
3. Расшифруйте марки быстрорежущих сталей Р18 и Р6М5.
4. Расшифруйте марки твердых сплавов: ВК6, ВК15, Т5К10Д30К4.
5. Какое различие по структуре между твердыми сплавами ВК15 и Т5К10?
6. Какая сталь имеет больше карбидов в структуре - Х или Х12М и почему?
7. Какие легирующие элементы присутствуют в быстрорежущих сталях Р18 и Р6М5?
8. Какая должна быть термическая обработка быстрорежущих сталей для обеспечения высокой твердости и красностойкости?
9. Подвергаются ли твердые сплавы типа ВК и ТК закалке?  
Чем объясняется высокая твердость и износостойкость твердых сплавов?

## **МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ**

Исследуемый материал – микрошлиф штамповых сталей Х и Х12М после окончательной термической обработки, быстрорежущей стали Р18 после различной обработки – отжига, закалки, отпуска после закалки.

Металлографические микроскопы. Фотографии микроструктур инструментальных сталей и сплавов.

## **ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Изучить и зарисовать схематично микроструктуру штамповых сталей Х и Х12М, обратив внимание на различие в количестве карбидной фазы и на наличие первичных карбидов.
2. Изучить и зарисовать схематично микроструктуру стали Р18, отметив изменения структуры после каждого вида термической обработки.
3. Зарисовать схематично с фотографии микроструктуру твердого сплава ВК15, указав структурные составляющие.

## **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Используя данные, полученные при самостоятельной проработке соответствующего раздела лекционного курса и изложенное в ответах на вопросы самоподготовки, письменно объяснить закономерности изменения структуры инструментальных сталей в зависимости от химического состава и режима термической обработки.

## **ВЫВОДЫ**

Сформулировать письменно в виде одного – двух обобщающих заключений, научную и практическую значимость результатов работы.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Лахтин Ю.М. Материаловедение. / Ю.М. Лахтин Ю.М., В.П. Леонтьева. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. 528 с.
2. Гуляев А.П. Металловедение. / А.П. Гуляев М.: Металлургия, 1986. 544 с.
3. Марочник сталей и сплавов / под ред. В.Г. Сорокина. М.: Машиностроение, 1989. 640 с.

# **ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ**

Методические указания  
к выполнению лабораторной работы  
по курсу «Материаловедение»  
для студентов механических специальностей

Составили: ЗЕМЧЕНКОВ Владимир Степанович  
МАХУКОВ Николай Георгиевич

Рецензент А. М. Долгих

Редактор Н.Н. Крылова

Подписано в печать 10.09.02      Формат 60x84 1/16  
Бум. тип      Усл. - печ. л. 0,46(0,5)      Уч.-изд. л. 0,4  
Тираж 100 экз.      Заказ 112 Бесплатно  
Саратовский государственный технический университет  
410054 г. Саратов, ул. Политехническая. 77  
Копи принтер СГТУ, 410054 г. Саратов, ул. Политехническая, 77