

# ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СТАЛИ И СПЛАВЫ

**Основные свойства инструментальных сталей и факторы, влияющие на них.**

***Эксплуатационные свойства.***

Твердость. Т.к. твердость характеризует сопротивление материала пластическим деформациям, то от твердости зависит устойчивость формы и размеров инструмента при работе.

Прочность. Прочностной характеристикой инструментальных сталей является предел прочности на изгиб, т.к. большинство инструмента работают в условиях напряженного состояния, близкого к изгибу.

Ударная вязкость. Многие инструменты работают в условиях ударных нагрузок. Ударная вязкость более чем чувствительна к величине зерна, изменению состава.

## ***Технологические свойства.***

Обрабатываемость резанием. Улучшают обрабатываемость резанием легирующие элементы хром, вольфрам, ванадий.

Шлифуемость. Чистота поверхности при шлифовании ухудшается при наличии в структуре крупных и неоднородно распределенных карбидов.

Закаливаемость – способность приобретать высокую твердость при закалке в мягких охлаждающих средах (масле, горячих средах, на воздухе).

Трещиностойкость. Стали с исходной структурой зернистого перлита менее склонны к образованию трещин.

Чувствительность к перегреву (росту зерна). Более чувствительны к росту зерна доэвтектоидные, эвтектоидные углеродистые стали и стали с марганцем.

Устойчивость против обезуглероживания. Обезуглероживают сталь легированные элементы, образующие карбиды (углерод переходит в карбид).

## Углеродистые инструментальные стали.

Маркируются У7, У7А...У13, У13А. Буква означает «углеродистая», цифра – содержание углерода у десятых долей процента.

Сталь У7-У10 применяется для изготовления ножниц, стамесок и инструмента ударного действия, где требуется повышенная ударная вязкость – пуансоны, керны, зубила, кузнечные штампы для мягких материалов и т.д.

Сталь У11–У13 обладает более высокой твердостью и износостойкостью. Изготавливают сверла, метчики, развертки, фрезы для обработки мягких материалов и т.д. Из У13 с самой высокой твердостью и износостойкостью – также ручные напильники и граверный инструмент.

Для выравнивания структуры перед термообработкой стали подвергают сфероидизирующему отжигу (дробление сетки цементита). Затем – закалка и последующий отпуск.

Недостатки – небольшая прокаливаемость до 10-15 мм, низкая теплостойкость. Эти инструменты применяются при низких скоростях резания. После термообработки :

У9: ,  $\varepsilon=10\%$ .

$$\sigma_B = 740 - 1180 \text{ МПа}$$

У12: Твердость после закалки и низкого отпуска 62-63 HRC,  $\varepsilon=8\%$ .

## Быстрорежущие стали

Быстрорежущие стали содержат 0,7-1,5%С и до 18% W (основной легирующий элемент). В марке P6M5 вначале ставят букву P от слова «рапид» – скорость, 6% W, 5% Mo.

Добавление ванадия повышает износостойкость, но ухудшает шлифуемость. Кобальт повышает теплостойкость до 650 °С. Наибольшую теплостойкость имеют стали P14Ф4, P10K5Ф5 и P8M4K8 (до 650 °С).

Вследствие малой теплопроводности быстрорежущей стали инструмент нагревают ступенчато в трех ваннах: 500-600 °С, 800 °С и 1280 °С. Микроструктура этой стали состоит из легированного мартенсита, остаточного аустенита и до 30% рассеянных зернышек карбидов.

P18: после отжига  $\sigma_T = 510$  МПа,  $\sigma_B = 840$  МПа,  $\varepsilon = 8\%$ ,  $\psi = 10\%$ ,  $KCU = 19$  Дж/см<sup>2</sup>, после закалки 63 HRC.

- P9M4K8: Твердость после закалки и низкого трехкратного отпуска 65-68 HRC.

## Стали для штампов холодного деформирования.

Валки станков холодного деформирования изготавливают из стали 9Х, 9Х2 с закалкой в воде и низким отпуском. Для повышения износостойкости поверхности инструмента после термообработки применяется цианирование или хромирование рабочей поверхности. Для изготовления штампов для штамповки более твердого металла и более сложной конфигурации применяются легированные стали марок Х12М, Х12 (~2%С), Х12ВМ (~2%С), Х12Ф1, Х6ВФ, 6Х6В3МФС, (фильеры, плашки и др.), закаливаемые в масле.

- Стали для инструментов ударного деформирования – 4ХС, 6ХС, 4ХВ2С, 5ХВ2С (вольфрам добавляется при небольшом нагревании штампуемого металла), 6ХВ2С и т.д.

После термообработки :

- 4ХВ2С:  $\sigma_T = 1300$  МПа,  $\sigma_B = 1700$  МПа,  $\epsilon = 8\%$ ,  $\psi = 35\%$ , КСЧ = 29 Дж/см<sup>2</sup>.
- 55Х:  $\sigma_T = 540$  МПа,  $\sigma_B = 780$  МПа,  $\epsilon = 10\%$ ,  $\psi = 35\%$ .
- Х12: Твердость после закалки и низкого отпуска 63-65 HRC.

Стали для штампов горячего деформирования.

Для молотовых штампов применяются стали 5ХНМ, 5ХГМ, 5ХНСВ, 5ХНТ. Сталь 5ХГМ имеет пониженную пластичность из-за присутствия марганца вместо никеля.

Прессовый инструмент для горизонтально-ковочных машин и прессов, работающих при больших удельных давлениях и температурах, изготавливают из других легированных сталей (3Х2В8, 4Х5В3ФС–ЭИ958, 4Х2В5ФМ, 4Х3ВФ2М2).

После термообработки стали имеют такие свойства:

- 5ХГМ:  $\sigma_T = 1450$  МПа,  $\sigma_B = 1570$  МПа,  $\epsilon = 9\%$ ,  $\psi = 26\%$ ,  $KCU = 36$  Дж/см<sup>2</sup>.
- 3Х2В8Ф: Твердость после закалки и низкого отпуска  $HV_{10^{-1}} = 402-475$  МПа.

## **Стали для измерительных инструментов**

Измерительные инструменты изготавливают из твердой и износостойкой стали. В них с течением времени не должны протекать структурные превращения и они должны иметь минимальные коэффициент теплового расширения. Обычно применяют высокоуглеродистые стали У8-У12, Х, Х9, ХГ и т.д. После закалки холодом применяют стабилизирующий низкотемпературный отпуск – старение (нагрев до 120-170 °С с выдержкой 10-30ч).

# Твердые сплавы

Рабочая температура резания инструмента из быстрорежущей стали – до 700 °С, их твердых сплавов – до 1000 °С.

Состав металлокерамических сплавов – 90-95% карбидов и кобальтовая связка, поэтому спеченные детали из твердых сплавов нельзя подвергать механической обработке, только шлифование. Из твердого сплава изготавливают лишь режущую кромку.

ВК2, ВК3, ВК6, ВК8 – карбиды вольфрама (группа ВК), Т5К10, Т14К8, Т15К6 – карбиды вольфрама (основные) и титана (группа ВТК), Т30К6, Т60К6 – карбиды вольфрама и титана (основные) (группа ТК).

Твердость до 92 HRC.

Для обработки твердого инструмента применяется алмаз в виде алмазного порошка для алмазно-абразивного инструмента (шлифовальных кругов, надфилей и т.д.). Это обеспечивается чистотой обработанной поверхности (отсутствие зазубрин, мелких трещин).

Для полирования применяются алмазные пасты разной дисперсности.