



ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

«КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ ПО НАЗНАЧЕНИЮ»

План

1. Классификация инструментальных сталей
2. Стали для режущего и мерительного инструмента
3. Стали для штампового инструмента

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СТАЛИ

Инструментальные стали классифицируются по двум признакам – по химическому составу; – по назначению.

По химическому составу стали делятся на углеродистые, легированные, высоколегированные. По назначению делятся на стали ↓

для режущего и мерительного инструмента



для штампового инструмента (стали для холодного и горячего деформирования).



Контрольные вопросы:

1. До какой температуры сохраняют теплостойкость легированные инструментальные стали?

СТАЛИ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО И МЕРИТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

Стали для мерительного инструмента должны иметь высокую твёрдость, износостойкость, достаточную прочность. Эти требования обеспечиваются за счёт термической обработки и легирования.

Углеродистые стали

Углеродистые стали из-за низкой прокаливаемости (10–12 мм) используются для изготовления мелкогазмерного инструмента. Режущий инструмент, выполненный из заэвтектоидных сталей У10–У13, подвергается термической обработке, которая состоит из закалки и низкого отпуска.



Сталь У10

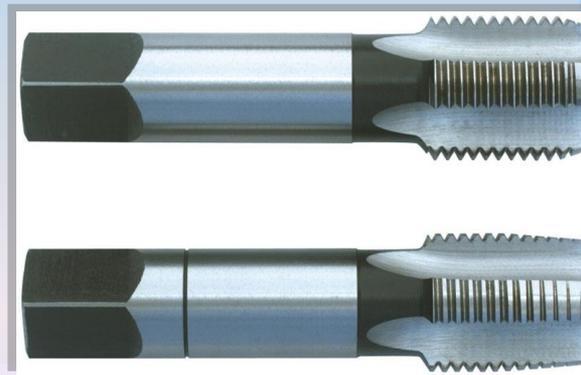
Структура – мартенсит отпущенный с включениями цементита.



СТАЛИ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО И МЕРИТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

Для изготовления инструмента, который работает на удар, используют стали с более низким содержанием углерода (стали У7, У8, У9).

Недостатки этой группы сталей заключаются в низкой тепло-стойкости (стали сохраняют твердость до температуры ~200–250 °С), прокаливаемости, а также в том, что закалку необходимо проводить в воде, а это может привести к короблению инструмента и даже к образованию трещин.



Сталь У7



Сталь У8



Сталь У9



СТАЛИ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО И МЕРИТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

ЛЕГИРОВАННЫЕ СТАЛИ

Это стали повышенной прокаливаемости. Они содержат до 5 % легирующих элементов (стали X, 9ХС, ХВГ, ХВСГ, ХВ5 и другие). Такие стали закаливают в масле и инструмент, как правило, прокаливается насквозь. Закалка и низкий отпуск формируют в легированных инструментальных сталях структуру отпущенного мартенсита с карбидами, что обеспечивает высокую износостойкость.



Сталь X



ХВГ

Такие стали используются для инструментов, которые в процессе работы нагреваются до температуры ~250–300 °С



ХВСГ

В отличие от углеродистых из легированных сталей можно изготавливать инструмент больших размеров и более сложной формы.



СТАЛИ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО И МЕРИТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

БЫСТРОРЕЖУЩИЕ СТАЛИ

Эти стали предназначены для изготовления режущего инструмента, который работает при больших скоростях резания. Главное их преимущество – это высокая теплостойкость, которая достигается за счёт сохранения мартенсита до высоких температур и образования специальных карбидов.



Основными легирующими элементами в быстрорежущих сталях являются вольфрам и молибден. Значительно повышают теплостойкость и твёрдость после термической обработки кобальт и ванадий.

Теплостойкость стали обеспечивается легированием карбидообразующими элементами (вольфрам, молибден, хром, ванадий) в таком количестве, когда они связывают почти весь углерод в специальные карбиды и эти карбиды переходят в раствор при закалке.



СТАЛИ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО И МЕРИТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

В большинстве быстрорежущих сталей углерода ~ 1 %, хрома ~ 4 %, ванадия ~ 1,5–2,0 %. В стали P6M5 кроме указанных элементов содержится молибден, а в стали P6M5K5 еще и кобальт.

Вольфрам – дефицитный и дорогой элемент. Поэтому частично вольфрам заменяют молибденом. Содержание молибдена в быстрорежущих сталях обычно не превышает 5 %.

По теплостойкости быстрорежущие стали условно можно разделить на две группы:

стали нормальной производительности (умеренной теплостойкости);

стали повышенной производительности (высокой теплостойкости).

В первую группу входят стали, легированные вольфрамом и молибденом и содержанием ванадия 1–2 %: P18, P12, P9, P6M5. Эти стали сохраняют высокую твердость (HRC ≥ 58) до 620 °С.

В группу сталей повышенной теплостойкости входят стали с содержанием ванадия больше 2 %, а также стали, дополнительно легированные кобальтом (P6M5K5, P12Ф3, P10K5Ф2 и др.). Стали этой группы сохраняют высокую твердость (HRC ≥ 64) до 640 °С.



СТАЛИ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО И МЕРИТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

Быстрорежущие стали по структуре в отожжённом состоянии относятся к ледебуритному классу.

В структуре литой быстрорежущей стали имеется сложная эвтектика типа ледебурита. Эвтектика располагается в виде сетки по границам зерен, что снижает вязкость стали.

Микроструктура деформированной быстрорежущей стали. Карбидные строчки



X 450

При горячей обработке давлением сетка эвтектики дробится и эвтектические карбиды распределяются в структуре равномерно.

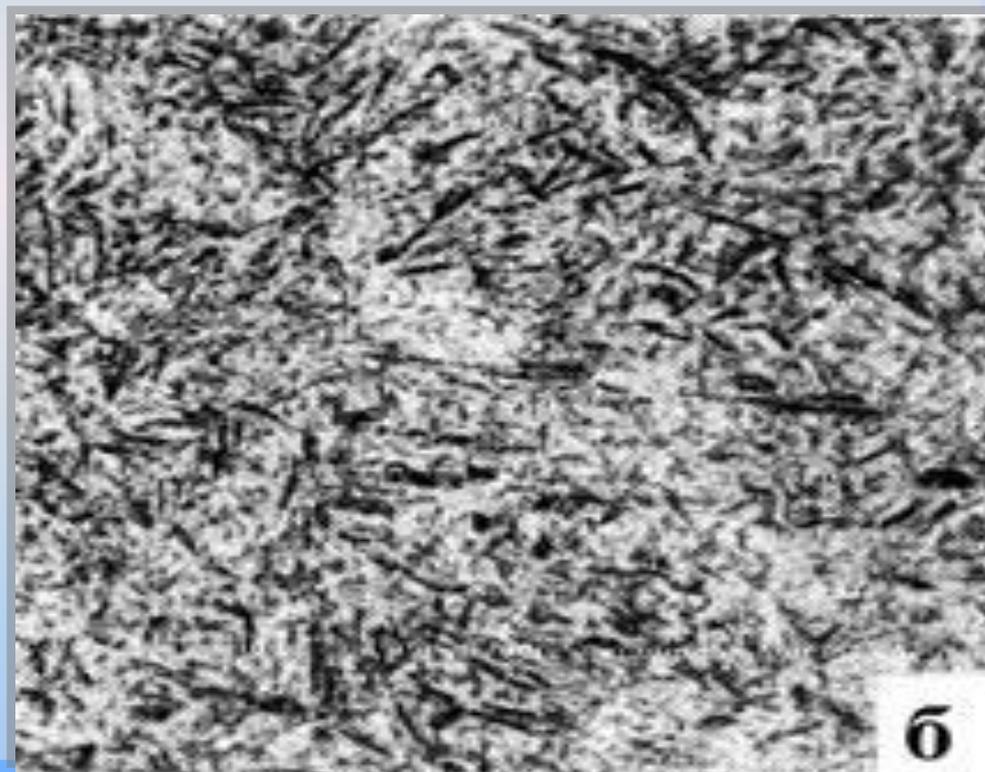
Горячедеформированную быстрорежущую сталь подвергают отжигу при 840–860 °С для снижения твёрдости и улучшения обрабатываемости резанием.



СТАЛИ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО И МЕРИТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

Необходимый уровень эксплуатационных свойств инструмента из быстрорежущей стали достигается особой термической обработкой, которая заключается в нагреве под закалку до высоких температур (1250–1280 °С), что необходимо для растворения вторичных карбидов и получения при нагреве высоколегированного аустенита, и последующем охлаждении в масле.

Такая термическая обработка обеспечивает получение после закалки структуры высоколегированного мартенсита, имеющего высокую теплостойкость, нерастворённых избыточных карбидов и остаточного аустенита.



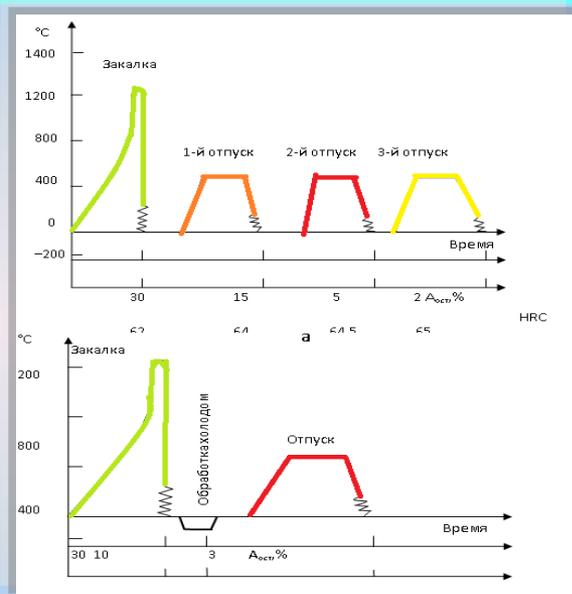
структура высоколегированного мартенсита



СТАЛИ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО И МЕРИТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

После закалки не достигается максимальная твердость, так как в структуре кроме мартенсита и карбидов в большом количестве присутствует остаточный аустенит (30–40 %), который снижает общую твердость стали.

Для устранения остаточного аустенита (уменьшения его до 3–5 %) и повышения твердости проводят трехкратный отпуск при температуре $\sim 550^\circ\text{C}$, при котором происходит распад аустенита с образованием мартенсита и мелкодисперсных карбидов



характер изменения твердости разных инструментальных материалов с повышением температуры:

1 – твердые сплавы; 2 – быстрорежущие стали; 3 – твёрдость HV 1000–1100. углеродистые стали.

Для улучшения режущих свойств и повышения стойкости инструмент из быстрорежущей стали после окончательной термической обработки подвергают низкотемпературному цианированию, в результате которого на поверхности образуется тонкий (0,02–0,07 мм) цианированный слой, обеспечивающий

Цикл термической обработки быстрорежущей стали может быть сокращён, если сразу после закалки сталь обработать холодом при температуре $-75\dots-80^\circ\text{C}$. В этом случае вместо трёхкратного отпуска применяют однократный отпуск



Контрольные вопросы:

1. Какие требования предъявляются к сталям для режущего и мерительного инструмента?
2. Привести примеры марок углеродистой стали для режущего и мерительного инструмента и указать режим их термической обработки.
3. Привести примеры легированной инструментальной стали для режущего инструмента. Указать термическую обработку.

СТАЛИ ДЛЯ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Стали для штампов холодного деформирования

Стали для штампов холодного деформирования должны обладать высокой твердостью, износостойкостью в сочетании с удовлетворительной вязкостью. Применяют легированные стали (Х, 9ХС, ХВГ, ХВСГ) и углеродистые (У10, У11, У12).



Штампы холодного деформирования

Термическая обработка включает закалку и отпуск в диапазоне температур 150–350 °С в зависимости от величины ударных нагрузок

Для изготовления крупных штампов сложной формы применяют высокохромистые стали марок Х12, Х12М, Х12Ф1, Х6ВФ, обладающие высокой износостойкостью и глубокой прокаливаемостью.



СТАЛИ ДЛЯ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Все штамповые стали для холодного деформирования являются высокоуглеродистыми, а количество легирующих элементов определяется необходимой износостойкостью и прокаливаемостью стали.

Высокохромистые стали X12M и X12Ф1 относятся по структуре в отожжённом состоянии к ледебуритному классу. Кроме основного легирующего элемента – хрома эти стали содержат молибден или ванадий, которые способствуют сохранению мелкого зерна и повышают устойчивость против разупрочнения при отпуске



Сталь X12M

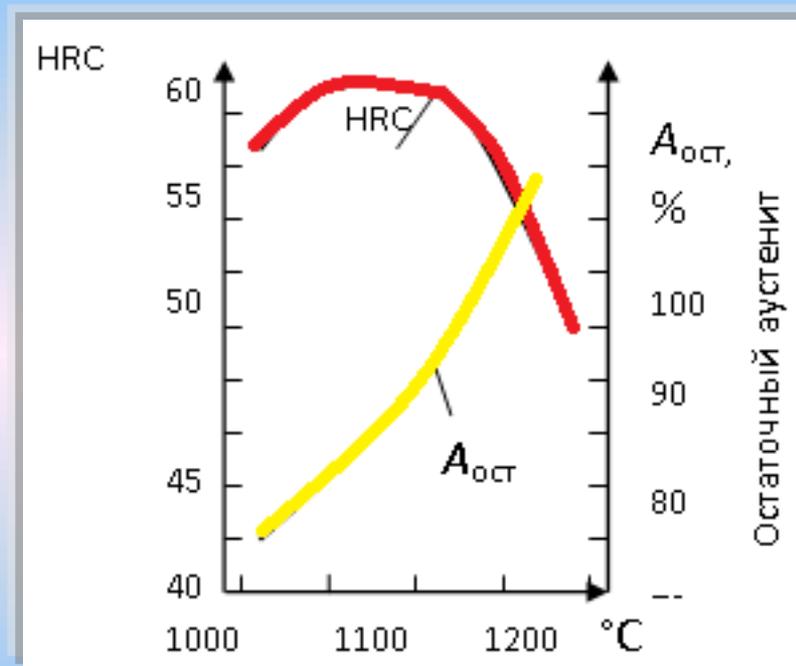
Высокохромистые стали имеют высокую прокаливаемость (критический диаметр составляет 150–200 мм).



СТАЛИ ДЛЯ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА

С повышением температуры закалки увеличивается количество остаточного аустенита, что приводит к снижению твёрдости

Недостатком указанных сталей является карбидная неоднородность, что приводит к снижению износостойкости штампов и вязкости. Сталь X6ВФ содержит меньше углерода и хрома и менее склонна к карбидной неоднородности, чем высокохромистые стали.



Зависимость твёрдости и количества остаточного аустенита стали X12Ф1 от температуры нагрева под закалку

По прочности и вязкости она превосходит высокохромистые стали, но уступает им по прокаливаемости и износостойкости.

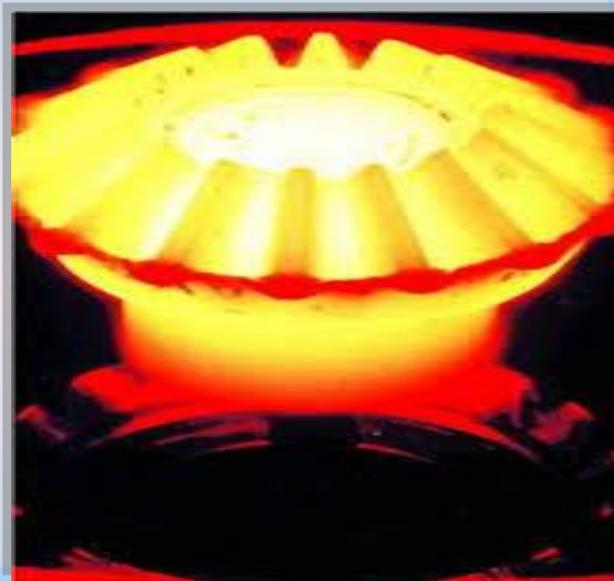


СТАЛИ ДЛЯ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Для инструментов, работающих с большими ударными нагрузками, применяют стали повышенной вязкости: хромокремнистые стали (4ХС, 6ХС) и стали, дополнительно легированные вольфрамом (5ХВ2С).

Стали для штампов горячего деформирования

Из сталей для штампов горячего деформирования изготавливают штампы для кузнечного производства. В процессе работы штампы подвергаются сжатию, растяжению, изгибу. При проведении горячей пластической деформации рабочая часть штампа нагревается. Поэтому сталь должна быть теплостойкой.



Горячая штамповка

Кузнечные штампы подвергаются периодическому нагреву и охлаждению, что может привести к появлению на их поверхности штампа трещин разгара

Поэтому сталь для таких штампов должна быть стойкой против разгара, то есть обладать высокой разгаростойкостью (способность выдерживать многократное нагревание и охлаждение без образования трещин).



СТАЛИ ДЛЯ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Чтобы тепло не сосредотачивалось у рабочей поверхности, а распространялось по всему объёму штампа, сталь должна быть достаточно теплопроводной.

Можно сформулировать требования, которые предъявляются к таким сталям: высокая разгаростойкость, достаточные прочность и ударная вязкость при повышенных температурах, высокая износостойкость и теплопроводность, большая прокаливаемость (для крупных штампов).



Молотовые штампы

Молотовые штампы изготавливают из сталей 5ХНМ, 5ХГМ, 5ХНВ, 5ХНВС. Все стали содержат пониженное количество углерода – 0,5–0,6 %, что позволяет обеспечить достаточную ударную вязкость. Комплексное легирование обеспечивает большую прокаливаемость.

Молибден и вольфрам повышают теплостойкость, измельчают зерно, уменьшают склонность стали к отпускной хрупкости.

Для получения более однородных свойств штамповые заготовки подвергают ковке и последующему отжигу



СТАЛИ ДЛЯ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Штамповые стали 5ХНМ, 5ХГМ, 5ХНВ, 5ХНВС – доэвтектоидные.

Температуру закали штампов выбирают на 40–50 °С выше критической точки Ас3. Стали 5ХНМ, 5ХГМ, 5ХНВ нагревают до 840 °С с охлаждением в масле.

Охлаждение при заалке не доводят до комнатной температуры, а лишь до 150–200 °С, после чего переносят в печь для отпуска.



Сталь 5ХНМ

После заалки проводят средний отпуск, чтобы обеспечить до-статочными ударную вязкость и условный предел текучести.

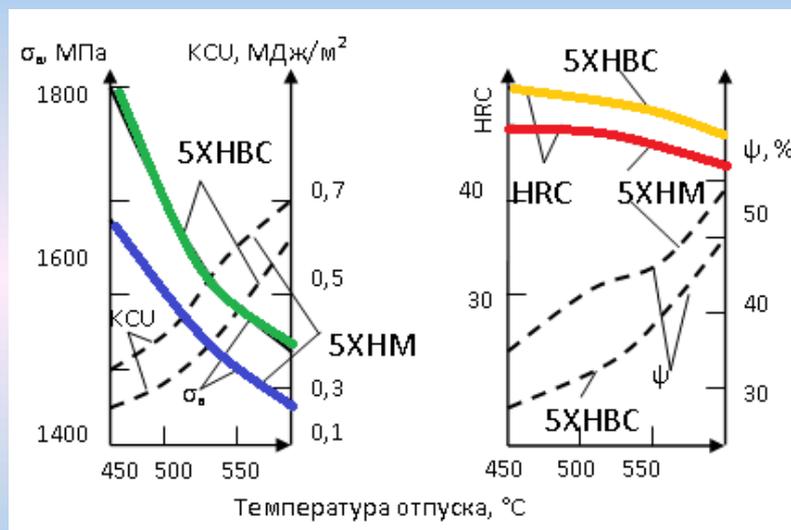


СТАЛИ ДЛЯ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Температура отпуска и твёрдость после отпуска зависят от размеров штампа и условий его работы.

Как правило, мелкие штампы отпускают при более низких температурах для получения твёрдости HRC 40–46. Крупные штампы, в которых деформирование крупных заготовок производится сильными ударами, отпускают при более высоких температурах с получением твёрдости HRC 35–37.

Особенностью теплостойких сталей является то, что они при отпуске дополнительно упрочняются в результате дисперсионного твердения, т.е. упрочнения стали в результате выделения карбидов и других упрочняющих фаз в дисперсном состоянии.



Влияние температуры отпуска на механические свойства сталей 5XНМ и 5XНВС

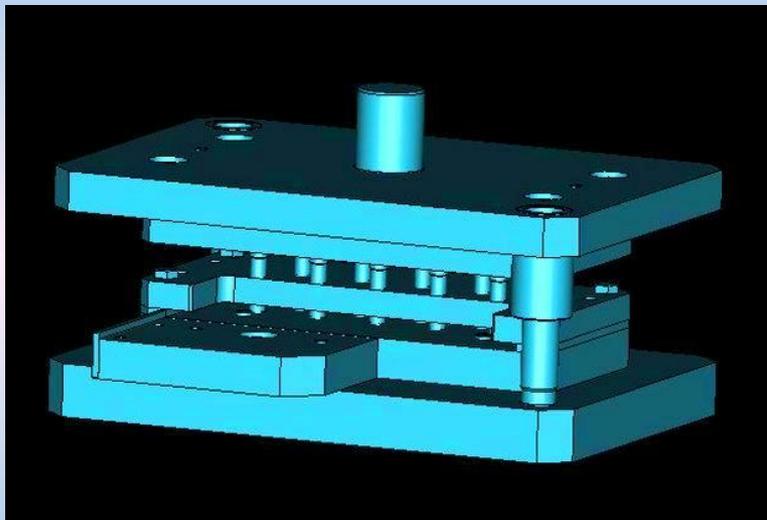
Для указанных сталей нагрев до температур выше 500–600 °C приводит к снижению прочностных свойств. Поэтому полутеплостойкие стали 5XНМ и 5XГМ применяют для изготовления штампов ковочных машин, которые работают при температурах ≤ 500 –550 °C при умеренных нагрузках.



СТАЛИ ДЛЯ ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Сталь умеренной теплостойкости 4X3BMФ сохраняет высокие механические свойства только при нагреве не выше 500–525 °С и применяется вместо 5XHM (5XGM).

Средненагруженный инструмент, который работает с разогревом поверхности до 600 °С, изготавливают из стали 4X5B2ФС. Температура закалики – 1030–1050 °С, охлаждение в масле.



Штамп ручной разводки пил

При повышении температуры отпуска до 600 °С в результате дисперсионного твердения происходит увеличение прочности, но снижаются пластичность и ударная вязкость.

Температура отпуска 580–620 °С позволяет получать трооститную структуру с достаточной вязкостью.

Стали повышенной теплостойкости (3X2B8Ф и 5X3B3MФС) используют для штампов, у которых поверхность разогревается до 600–700 °С. Температура нагрева под закалику – 1050 °С, охлаждение в масле. Отпуск – при 500 °С



Контрольные вопросы

5. На какие группы делятся быстрорежущие стали по тепло-стойкости?
6. Какой термической обработке подвергают инструменты из быстрорежущей стали?
7. В чём причина высокой теплостойкости твёрдых сплавов?
8. Описать стали для штампов холодного деформирования.
9. Что такое разгаростойкость?
10. Какие стали применяются для инструментов, работающих с большими ударными нагрузками?
11. Из каких сталей изготавливают штампы для горячего деформирования? Какие требования предъявляются к таким сталям?
12. Какой термической обработке подвергают штампы для горячего деформирования?



На самостоятельную работу ВЫНОСИТСЯ

- 1. Особенности термической обработки инструментальных сталей различного назначения





Кафедра технології металів і матеріалознавства

E-mail diana.borisovna@gmail.com

**Автор: доц. Глушкова Д.Б.
Lect13_1M_TKMIM_GDB_28.04.15**

