

# Американские инструментальные стали

Воскобойников Б. С., Гречиков М. И., Гуськова Г. И.

При резании металлов отмечают три основных компонента (одинаково важных): заготовка, режущий инструмент и станок. Традиционно пользователи больше внимания уделяют инструменту, меньше станку (считают, что он имеет достаточную мощность) и еще меньше заготовке. Вместе с тем, важно учитывать твердость и прочность обрабатываемого материала. В качестве инструментальных сталей используются высокоуглеродистые, легированные и быстрорежущие, закаленные и отпущенные. Классификация инструментальных сталей разработана Американским институтом чугуна и стали (AISI). Система учитывает термообработку, применимость и основные легирующие элементы. Имеются 6 основных категорий и 10 подкатегорий, которые обозначаются буквами и последующими одной или двумя цифрами.

Инструментальные стали, в дополнение к классификации институт AISI, идентифицируются в единой системе счисления (UNS) для металлов и сплавов, разработанной Обществом инженеров-автостроителей и Американским обществом испытаний и материалов. В системе UNS за буквой T следует 5 цифр: первые три указывают категорию инструментальной стали, а последние 2 марку. В таблице 1 представлены 6 основных категорий и 10 подкатегорий инструментальных сталей, где обозначены:

Категории и подкатегории инструментальных сталей	Идентификационные обозначения	
	AISI	UNS
с закалкой в воде	<b>W</b>	<b>T 723</b>
ударостойкие	<b>S</b>	<b>T 419</b>
нетеплостойкие (три подкатегории):		
с закалкой в масле	<b>O</b>	<b>T 315</b>
с закалкой на воздухе, среднелегированные,	<b>A</b>	<b>T 301</b>
высокоуглеродистые, высокохромистые,	<b>D</b>	<b>T 304</b>
специальные (две подкатегории)		
низколегированные	<b>L</b>	<b>T 612</b>
для обработки форм	<b>P</b>	<b>T 516</b>
для резания при высоких температурах		
на основе хрома	<b>H</b>	<b>T 208</b>
на основе вольфрама	<b>H</b>	<b>T 208</b>
на основе молибдена	<b>H</b>	<b>T 208</b>
быстрорежущие (две подкатегории)		
на основе молибдена	<b>M</b>	<b>T 113</b>
на основе вольфрама	<b>T</b>	<b>T 120</b>

Наименее дорогими являются углеродистые инструментальные стали, закаляемые в воде; содержание углерода в них составляет 0,6–1,4%. Имеются 3 стандартные AISI (UNS) марки: W 1 (T 72301), W 2 (T 72302) и W 5 (T 72305). Марки W 3, W 4, W 6 и W 7 сейчас обычно в США на используются. Для таких сталей показатель обрабатываемости принят за 100% при сравнении с другими группами. Но по сравнению с автоматной сталью AISI 1212 обрабатываемость этих инструментальных сталей составляет 40%. В отожженном состоянии углеродистые инструментальные стали имеют твердость HB 150–200. Они используются для изготовления лезвий механических ножиц, разверток, метчиков и спиральных сверл, а также зажимных приспособлений и штампов для рубки и чеканки.

Режимы резания при использовании углеродистых инструментальных сталей, закаляемых в воде, представлены в таблице 2, где обозначено:

Марки и термообработка	Твердость по Бринеллю HB,	Глубина резания, дюймы	Скорость подачи, дюймы на оборот	Скорость резания, футы в минуту	Спецификация твердосплавных покрытий, ANSI/ISO
W 1, W 2, W 5, Annealed	150 – 200	0.300	0.020	450	C 6/P 30, M 30
		0.150	0.015	550	C 6/P 20, M 20
отожженные		0.040	0.007	700	C 7/P 10, M 10

Режимы даны для токарной обработки.

Ударостойкие инструментальные стали разработаны таким образом, чтобы они обладали высокой твердостью, высокой прочностью и вязкостью, а также трещиностойкостью при ударах. Первоначально они предназначались для пружин и сейчас широко применяются при изготовлении пружин с высокой усталостной прочностью. Имеются пять стандартных марок таких сталей AISI (UNS): S 1 (T 41901), S 2 (T 41902), S 5 (T 41905), S 6 (T 41906) и S 7 (41907). Марки S 3 и S 4 сейчас обычно не применяются. Основным легирующим элементом является кремний, 1–2,5% в зависимости от марки. Кремний способствует сопротивлению размягчению при отпуске, чтобы поддерживать трещиностойкость микроструктуры.

Единственной маркой ударостойкой инструментальной стали, которая содержит вольфрам (1,5–3%), является AISI S 1. Ее также называют «ударостойкая вольфрамовая сталь». Обрабатываемость углеродистых сталей, закаляемых в воде. В отожженном состоянии HB 175–225 ударостойкие стали применяются для изготовления работающих на тяжелых режимах вырубных и фасонных штампов, пуансонов, зубил, лезвий механических ножиц, дисковых ножиц, прошивных и фасонных инструментов.

Режимы резания для обработки стандартных ударопрочных инструментальных сталей в отожженном состоянии представлены в таблице 3:

Марки и термообработка	Твердость по Бринеллю HB	Глубина резания, дюймы	Скорость подачи, дюйм/оборот	Скорость резания, футы в минуту спецификация твердосплавных покрытий ANSI/ISO	Спецификация твердосплавных покрытий, ANSI/ISO
S 1, S 2, S 5, S 6, S 7	175 – 225	0.300	0.020	400	C6/P 30, M 30
		0.150	-0.015	525	C 6/P 20, M 20
отожженные		0.040	0.007	675	C 7/P 10, M 10

Нетеплостойкие инструментальные стали недостаточно легируются, чтобы противостоять размягчению при высоких температурах. Они могут продолжительно использоваться при температурах 200–260°C и подразделяются на три подкатегории. Стали, закаляемые в масле, приобретают высокую твердость и износостойкость благодаря высокому содержанию углерода (0,85–1,55%) и небольшому содержанию хрома, молибдена, ванадия, вольфрама и кремния. Имеется и 4 стандартные марки AISI (UNS): **01** (T 31501), **02** (T 31502), **06** (T 31506) и **07** (T 31507). Наиболее популярной является

сталь **01**, которая имеет хорошую прокаливаемость и достаточную глубину закалки, что обеспечивает износостойкость. Эта марка имеет несколько большую вязкость, чем другие стали, закаливаемые в масле, и твердость HRC 22.

Нетеплостойкая инструментальная сталь марки **02** характерна наименьшей деформируемостью при термообработке. Она содержит свободный графит, что способствует хорошей обрабатываемости при изготовлении сложнопрофильных штампов. Сталь марки **07** является самой износостойкой среди закаливаемых в масле, поэтому эффективна при изготовлении инструментов. Обрабатываемость стали марки **06** составляет 125 %, когда за 100 % принята обрабатываемость углеродистых сталей, закаливаемых в воде. А этот показатель для других сталей категории **0** составляет порядка 65-90 %. Твердость инструментальных сталей с закалкой в масле равна HB 200-250. Эти стали применяются для вырубки, формоизменения, накатывания резьбы, чеканки, холодной обрезки и вытяжки (изготавливаются соответствующие штампы). Кроме того из них изготавливаются развертки, метчики, сверла, небольшие лезвия ножниц, пилы, пуансоны, шпиндели, измерители, цанги, протяжки, отделочные накатники, ролики для накатки.

Содержание углерода в инструментальных сталях средней твердости с охлаждением на воздухе после закалки составляет 0,55-2,85 %, в качестве легирующих элементов применяются хром, молибден, ванадий и никель. Имеются восемь стандартных марок AISI (UNS): **A 2** (Т 30102), **A 3** (Т 30103), **A 4** (Т 30104), **A 6** (Т 30106) и **A 7** (30107), **A 8** (Т 30108), **A 9** (Т 30109) и **A 10** (Т 30110). Марка **A 5** сейчас обычно не используется. Эти стали хорошо прокаливаются, характерны стабильностью размеров при термпереработке, обладают удовлетворительной износостойкостью, усталостной долговечностью, вязкостью и прокаливаются на большую глубину.

Инструментальные стали одной группы, которые после закалки охлаждаются на воздухе, содержат 4,75-5,75 % хрома и до 1 % марганца (марки **A 2**, **A 3**, **A 7**, **A 8** и **A 9**). В другой группе преобладает марганец, 1,6-2,5 %, а хром составляет 0,9-2,2 % (марки **A 4**, **A 6** и **A 10**). Шире используются хромистые стали (первая группа), они характерны более высокой стойкостью (при равном содержании углерода) и повышенной твердостью в горячем состоянии. Наиболее вязкой является сталь марки **A 9**, но она характерна и самой низкой в группе износостойкостью. Стали марганцевой группы уступают хромистым по износостойкости и их труднее обрабатываемость. Обрабатываемость среднелегированных сталей, заканчиваемых с охлаждением на воздухе, составляет около 65 %, когда за 100 % принята обрабатываемость углеродистых сталей с закалкой в воде, а их твердость находится в пределах HB 200-250. Эти стали применяются для изготовления штампов для холодного выдавливания рельефа, вырубных и гибочных штампов, формовочных валков, кондукторных втулок (для сверления), роликов для накатки, мастер-пуансонов, измерителей и других изделий, когда требуются минимальные деформации при термообработке и износостойкостью.

Высокоуглеродистые и высокохромистые инструментальные стали являются наиболее легированными. Имеются пять стандартных AISI (UNS) марок: **D 2** (Т 30402), **D 3** (Т 30403), **D 4** (Т 30404), **D 5** (Т 30405) и **D 7** (Т 30407). Марки **D 1** и **D 6** сейчас обычно не используются. Каждая сталь имеет 11-13 % хрома в качестве основного легирующего элемента, а содержание углерода составляет 1,4-2,6 %. Обрабатываемость этих сталей 40-60 %, когда за 100 % принята обрабатываемость углеродистых сталей с закалкой в воде, а их твердость находится

в пределах HB 200-250 в отожженном состоянии. Стали этих марок применяются для изготовления шпинделей, пуансонов, валков для холодной прокатки, чеканочных штампов, втулок, метчиков, протяжек, сопел для пескоструйной очистки, калибров-колец и калибров-пробок.

Режимы резания при использовании стандартных марок нежаростойких инструментальных сталей представлены в таблице 4.

#### Режимы для токарной обработки.

марки и термообработка	твердость по Бринеллю HB	глубина резания, дюймы	скорость подачи, дюймы на оборот	скорость резания, футы в минуту	спецификация твердосплавных покрытий
01, 02, 06, 07, A 2, A 3, A 4, A 6, A 8, A 9, A 10, отожженные	200-250	0.300	0.020	350	C 6/P 30, M 30
		0.150	0.015	450	C 6/P 20, M 20
A 7, D 2, D 3, D 4, D 5, D 7 отожженные	200-250	0.040	0.007	575	C 7/P 10, M 10
		0.300	0.015	350	C 6/P 30, M 30
		0.150	0.010	275	C 6/P 20, M 20
		0.040	0.005	350	C 7/P 10, M 10

Специальные стали выпускаются в США в двух подкатегориях: низколегированные (вид L) и стали для обработки литейных форм (вид P). Подкатегория вольфрамуглеродистых сталей вида **F** сейчас обычно не используется. Низколегированные стали аналогичны углеродистым, закаливаемым в воде, но имеют больше легирующих элементов, что повышает износостойкость и прокаливаемость. Имеются два вида применяемых AISI (UNS) сталей: **L 2** (Т 61202) и **L 6** (Т 61206). Марки **L 1**, **L 3**, **L 4**, **L 5** и **L 7** обычно не запрашиваются. Сталь **L 2** имеет среднее содержание углерода (0,45-0,65 %) или высокое (0,65-1,61 %) Оба вида содержат 0,7-1,2 % хрома в качестве основного легирующего элемента. другими легирующими элементами являются ванадий, марганец и кремний. Среднеуглеродистая сталь марки **L 2** содержит также молибден.

Сочетание в стали **L 2** прочности и вязкости обеспечивает трещино- и ударостойкость. Она используется для изготовления различных лезвий, зубил, штампов, зубчатых колес, шпинделей, приводных валов и оправок. Сталь марки **L 6** содержит 1,25-2,0 % никеля в качестве основного легирующего элемента и примерно такое же количество хрома, ванадия, марганца, молибдена и кремния как в стали **L 2**. Сталь **L 6** используется для изготовления пил, ножей, лезвий механических ножниц, вырубных штампов и пуансонов, а также шпинделей, деталей муфт, зубчатых колес и храповиков. Твердость сталей **L 2** в отожженном состоянии – порядка HB-200.

Режимы резания при обработке стандартных марок низколегированных инструментальных сталей представлены в табл. 5:

Марки и термообработка	Твердость по Бринеллю HB	Глубина резания, футы в минуту	Спецификация твердосплавных покрытий	Скорость резания, футы в минуту	Спецификация твердосплавных покрытий
L 2, L 6 отожженные	150-200	0.300	0.020	400	C 6/P 30, M 30
		0.150	0.015	525	C 6/P 20, M 20
		0.040	0.007	700	C 7/P 10, M 10

Режимы даны для токарной обработки.

Имеются семь стандартных инструментальных AISI (UNS) сталей для обработки литейных форм и прессформ: **P 2** (E 51602),

P 3 (E 51603), P 4 (E 51604), P 5 (E 51605), P 20 (E 51620) и P 21 (E 51621). Марка P 1 сейчас обычно не применяется. Стали P 2 и P 6 являются низкоуглеродистыми (0,05–0,15 % углерода) и поставляются при низкой твердости, чтобы облегчить холодное копирование формы твердого мастера-пуансона в выемки литейной формы. После приложения давления обработанная поверхность науглероживается, чтобы обеспечить необходимые свойства пресс-формы для пластиков.

Инструментальные стали P 20 (0,28–0,40 % углерода) и P 21 (0,18–0,22 % углерода) обычно поставляются предварительно упрочненными, поэтому полости формы могут обрабатываться и изделия сразу использоваться по назначению. Обрабатываемость сталей P 2, P 3 и P 4 составляет 80–90 %, когда за 100 % принята обрабатываемость углеродистых сталей, закаливаемых в воде. Другие показатели обрабатываемости составляют: 60 % для марки P 5, 40 % для P 6 и 65 % для P 20 и P 21. В отожженном состоянии твердость сталей P 2, P 3 P 4 и P 5-HV 100–150, P 6 HV 150–200, P 21 HV 250–270. Стали марок P применяются, главным образом, для изготовления форм для пластиков и форм для литья под давлением металлов с низкой температурой плавления, как олово, цинк и сплавы свинца.

Теплостойкие инструментальные стали обозначаются Американским институтом чугуна и стали (AISI) как категория H. Они были разработаны для противостояния нагреву, давлению и абразивному износу. Хромистые стали содержат 3–5,5 % хрома в качестве основного легирующего элемента.

Имеются шесть стандартных AISI (UNS) марок: H 10 (T 20810), H 11 (T 20811), H 12 (T 20812), H 13 (T 20813), H 14 (T 20814) и H 19 (T 20819). Стали H 15 и H 16 сейчас обычно не используются. Обрабатываемость сталей H 11 и H 12 составляет 50–65 %, когда за 100 % принята обрабатываемость углеродистых сталей, закаливаемых в воде; для сталей H 12 и H 19 этот показатель равен, соответственно, 45–55 % и 60–70 %. Твердость хромистых сталей в отожженном состоянии находится в пределах HV 150–250, а когда они закалены и отпущены HV 325–375.

Теплостойкие хромистые стали категории H используются при изготовлении форм для алюминиевых, магниевых и цинковых отливок, ковочных штампов, пуансонов, прошивней, оправок, оснастки для горячей экструзии, лезвий механических ножниц и штампов для горячего прессования. На фирме Walter USA сталь H 13 используется в инструментах для изготовления стандартных и специальных сверл, специальных фрез, цельных инструментов с коническим хвостовиком. Изделия из стали H 13 обрабатываются в отожженном состоянии, затем закаливаются. Иногда начисто обрабатываются заготовки твердостью 43–47 HRC.

Черновая обточка заготовок из отожженной стали H 13 осуществляется на фирме Walter на следующих режимах: скорость резания 195 м/мин, скорость подачи 0,3 мм на оборот, глубина резания 3–5 мм. Используется режущая пластина CNMG марки Tiger-tec WAK 20 с толстым покрытием из оксида алюминия марки K20, геометрии NM 5. Износостойкость составляет 1 ч. непрерывного резания. Чистовая обточка отожженной стали H 13 выполняется при скорости резания 195 м/мин, подаче 0,13–0,18 мм/оборот, глубине резания 0,68 мм (в среднем). Используются пластины/геометрии DNMG 441 NF3 и VCMT 331 PM 5. Марка пластин – Tiger-tec WPP 10 (толстое покрытие из Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> марки P 10), геометрия NF 3. Обработка одним инструментом осуществляется 3–4 дня.

Чистовая обточка инструментальной стали H 13 после термообработки осуществляется на фирме Walter USA на следующих режимах (иногда при прерывистом резании): скорость резания 150 м/мин, подача 0,13–0,18 мм/оборот, глубина резания (в среднем) 0,8 мм. Пластина/геометрия CNMG 432 NM 6, марка Tiger-tec WPP 20 (толстое покрытие Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> марки P 15). Обработка одним инструментом осуществляется 1,5 дня.

#### Список литературы

Isacov E. Tool Steels' Dual «Personality»//Cutt. Tool Eng.-2009-61, № 10-54, 56-61.



## Уважаемые читатели!

Предлагаем Вам подписаться  
на «Комплект: ИТО»  
на первое полугодие 2013 года

Подписаться можно в любом почтовом отделении

по объединенному каталогу

## «ПРЕССА РОССИИ»

Цена на 6 месяцев – 2442 рублей!  
(см. каталог <http://www.pressa-rf.ru/cat/1/indx/42049/>)

Цена на 12 месяцев – \_\_\_\_\_ рублей! (см. каталог)

индекс **42049**

Для оформления подписки в почтовом отделении можно вырезать и заполнить данную форму

Ф. СП-1		<b>АБОНЕМЕНТ</b> на <del>газету</del> <b>42049</b> <small>журнал</small> (индекс издания)									
<b>«Комплект: ИТО»</b>		Количество комплектов:									
на 2013 год по		месяц а м:									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Куда		(почтовый индекс)		(адрес)							
Кому		(фамилия, инициалы)									
ПВ		место		ли-тер		<b>ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА</b>					
						на <del>газету</del> <b>42049</b> <small>журнал</small> (индекс издания)					
						<b>«Комплект: ИТО»</b>					
Стои-мость	подписки	руб.	коп.	Количество комплектов							
	переадресовки	руб.	коп.								
на 2013 год по		месяц а м									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Куда		(почтовый индекс)		(адрес)							
Кому		(фамилия, инициалы)									

ООО «Инструменты. Техно логия. Оборудование»  
107023, РФ, Москва, ул. Б. Семеновская, д. 49, оф. 334  
Тел./факс: +7 (095) 366-98-00, 369-57-08  
e-mail: exp@ito-baza.ru; www.ito-news.ru

