

Министерство высшего и среднего специального
образования РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СТАЛИ И СПЛАВЫ

Методические указания

Куйбышев I 990

Составитель канд. техн. наук Н.П.М о р о з о в

УДК 669.14.018.254

Инструментальные стали и сплавы: Метод. указания
Куйбышев. авиац. ин-т; /Сост. Н.П.Морозов. Куй-
бышев, 1990. 48 с.

Приведен химический состав, описаны классификация, режимы термической обработки, свойства и области применения различных групп инструментальных сталей и сплавов, включенных в ГОСТы, ОСТы и другую нормативно-техническую документацию и справочники.

Методические указания предназначены для студентов механических и металлургических специальностей авиационного профиля при выполнении ими домашних заданий, курсовых и дипломных работ и проектов, проведении практических занятий, а также может быть полезна инженерно-техническим работникам. Работа выполнена на кафедре технологии металлов и авиаматериаловедения.

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Куйбышевского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института имени академика С.П.Королева

Рецензенты: А.И.И в а н о в, Ю.С.С т а р о с т и н,
В.И.Д е п и л и н

Г. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

К инструментальным относится большая группа сталей, которые обладают высокой твердостью, прочностью и износостойкостью, необходимы для обработки металлов резанием или давлением. Эти свойства они приобретают в результате закалки на мартенсит низкого или среднего отпуска. Многие инструментальные легированные стали обладают теплостойкостью, т.е. сохраняют указанные свойства при нагреве, возникающем в рабочей кромке инструмента при резании с высокими скоростями или при деформировании в горячем состоянии.

Число марок инструментальных сталей весьма значительно. Их классифицируют по свойствам и назначению [2, 5]. Классификация по свойствам и прежде всего по теплостойкости является наиболее важной, так как она характеризует природу упрочнения при термообработке, которая одновременно определяет и условия использования сталей для различных инструментов. По этому признаку инструментальные стали делят: а) на стали, не обладающие теплостойкостью, б) полутеплостойкие (умеренной теплостойкости) и в) теплостойкие (повышенной и высокой теплостойкости).

Стали, не обладающие теплостойкостью — это углеродистые и низколегированные заэвтектоидные и реже доэвтектоидные стали, в которых при отпуске выше 200 — 300°С происходит почти полный распад мартенсита, вследствие чего снижается твердость, низкостойкость и прочность. Их используют для изготовления инструмента, не разогревающегося в работе.

В полутеплостойких сталях (сталях умеренной теплостойкости) легированный мартенсит закалки более устойчив против распада, а легированный цементит или карбиды хрома более устойчивы к коагуляции в

интервале температур 300–450°C. Поэтому они сохраняют более высокую твердость и прочность при повышенных температурах. К ним относятся заэвтектоидные и ледебуритные высокохромистые (5...18% Cr) стали с содержанием углерода более 0,6...0,7%, отпускаемые на высокую твердость и предназначенные в основном для изготовления инструмента, используемого при обработке материалов в холодном состоянии, но допускающие значительный (до 400°C) разогрев рабочих поверхностей. ГОСТ 5950–73 объединяет их в первую группу с нетеплостойкими сталями.

Сюда же относят доэвтектоидные (0,3...0,5% C) стали с содержанием хрома до 3...4% и таким же содержанием молибдена и вольфрама, иногда дополнительно легированные небольшим количеством Si , V , Ni (Mn), которые после закалки отпускаются на твердость 40...50 HRC. Из них изготавливают в основном молотовые штампы горячего деформирования и поэтому ГОСТ 5950–73 относит их к сталям второй группы, используемым в инструментах для обработки материалов, нагретых выше 300°C.

Стали повышенной и высокой теплостойкости – это высоколегированные вольфрамом, молибденом, хромом, ванадием стали, приобретающие высокую твердость, прочность и износостойкость в результате закалки и вторичного твердения при высоком отпуске (500...625°C), вызываемом выделением термически стойких дисперсных фаз – упрочнителей – специальных карбидов и интерметаллидов. Стали повышенной теплостойкости умеренно легированы сильными карбидообразователями W , Mo и V (2...4%), хромом (3...5%), иногда еще Si . Они сохраняют твердость HRC = 40 при нагреве в эксплуатации до 620...650°C. Стали высокой теплостойкости (более 660°C при HRC = 40) содержат более 4...5% вольфрама и молибдена, до 3...4% хрома, ванадий, иногда кремний. Упрочняющая фаза в них – карбидная. Дальнейшее повышение теплостойкости (до 720 – 750°C) при HRC = 40 возможно при создании дисперсионно-твердеющих сталей с интерметаллидным или комплексным упрочнением. Они легируются большим количеством W , Mo , Co , V и других элементов.

Инструментальные стали дополнительно классифицируются по вязкости, прокаливанию, прочности и некоторым другим свойствам.

По вязкости все инструментальные стали делят:

а) на стали высокой твердости (58...65 HRC) и износостойкости, но пониженной вязкости с содержанием углерода 0,7...1,5%;

б) на стали повышенной вязкости, но пониженной твердости (40... 55 НРС) и износостойкости с содержанием углерода от 0,4 до 0,7%.

По прокаливаемости стали, не обладающие теплостойкостью, подразделяют:

а) на стали небольшой прокаливаемости (до 10...15 мм) – углеродистые и низколегированные;

б) на стали повышенной прокаливаемости (до 50...80 мм) – среднелегированные;

в) на стали высокой прокаливаемости (более 80 мм) – высоколегированные.

Теплостойкие стали как высоколегированные являются одновременно глубокопрокаливающимися.

По назначению инструментальные стали делят на несколько групп: стали для режущих инструментов, для измерительных инструментов, штамповые стали для холодного деформирования, штамповые стали для горячего деформирования.

Стали для режущих инструментов. При обработке с небольшими скоростями и сравнительно мягких материалов, не вызывающей значительного разогрева режущей кромки, используют стали высокой твердости и износостойкости, не обладающие теплостойкостью (нелегированные и низколегированные).

Для резания с высокими скоростями, вызывающего значительный разогрев режущей кромки, используют отдельную особую группу быстро-режущих сталей, которые являются сталями высокой теплостойкости и высокой твердости (износостойкости).

Для измерительных инструментов используют стали высокой твердости, не обладающие теплостойкостью. Эти стали должны сохранять неизменными размеры и форму инструмента в течение длительного срока эксплуатации. Для некоторых инструментов используют малоуглеродистые конструкционные стали после цементации рабочих поверхностей.

Для штампов холодного деформирования используют главным образом стали высокой твердости (износостойкости), не обладающие теплостойкостью или полутеплостойкие. Для деформирования с большими удельными давлениями (объемная холодная штамповка) разработаны вторично твердеющие (дисперсионно-твердеющие) стали с высоким сопротивлением смятию. Для этих условий деформирования иногда используют быстрорежущие стали. Для некоторых инструментов, работающих со значительными динамическими нагрузками, применяют высокопрочные стали повышен-

ной вязкости, термически обработанные на достаточно высокую твердость (55...59 HRC).

Для штампов горячего деформирования, имеющих сравнительно длительный контакт с горячим металлом (прессование, выдавливание, прошивка и пр.), используют в основном стали повышенной вязкости и теплостойкости и стали высокой теплостойкости, реже жаропрочные стали и сплавы на основе никеля.

Для молотовых штампов, работающих при ударных нагрузках и кратковременном контакте с горячим металлом, используют в основном стали умеренной теплостойкости, имеющие высокую вязкость и большую прокаливаемость.

В особую группу инструментальных материалов входят так называемые твердые сплавы, применяемые для оснащения режущего инструмента, работающего на особо высоких режимах резания и при резании труднообрабатываемых материалов (аустенитные стали, титановые сплавы и пр.). Основу твердых сплавов составляют высокотеплостойкие и очень твердые карбиды вольфрама, титана, связкой служит кобальт. Пластины твердого сплава получают путем прессования и спекания порошков карбида и кобальта. Твердые сплавы используются и для изготовления особо сильно нагруженных участков инструментов для холодного выдавливания.

Для повышения отдельных эксплуатационных свойств инструменты подвергаются химико-термической обработке или напылению (наплавке).

Для оценки эксплуатационных качеств инструментов испытывают их различные свойства. Основной характеристикой для всех инструментальных материалов является твердость. Прочность инструментальных сталей, обработанных на твердость ниже 50 HRC, оценивается пределом прочности σ_B и пределом текучести $\sigma_{0,2}$ на растяжение, а при твердости более 52 HRC – пределом прочности на изгиб σ_B^{45} , а иногда еще и пределом текучести на сжатие $\sigma_{0,2}^{сж}$. Для ряда инструментов и марок сталей определяют ударную вязкость KCV . Для теплостойких сталей важнейшей характеристикой является теплостойкость (или красностойкость) – максимальная температура, при которой сохраняется заданная твердость (обычно 60, 50 или 40 HRC в зависимости от назначения стали) в течение определенного времени (2 или 4 часа) при 20°C (или при рабочей температуре). Важными характеристиками, определяющими качество микроструктуры после термической обработки таких сталей, являются балл зерна, балл карбидной неоднородности и пр.

2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И НОРМЫ ТВЕРДОСТИ
ОТЖЕЖЕННЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Т а б л и ц а I

Химический состав инструментальной нелегированной
стали по ГОСТ 1435-74 (СТ СЭВ 2883-81)

Марка стали	Содержание элементов, %			Марка стали	Содержание элементов, %			Твердость НВ после отжига не более
	C	Mn	Si		C	Mn	Si	
У7	0,66-0,73	0,17-0,33	0,17-0,33	У7А	0,66-0,73	0,17-0,28	0,17-0,33	187
У8	0,76-0,83	0,17-0,33	0,17-0,33	У8А	0,76-0,83	0,17-0,28	0,17-0,33	
У8Г	0,81-0,89	0,33-0,58	0,17-0,33	У8ГА	0,81-0,89	0,33-0,58	0,17-0,33	
У9	0,86-0,93	0,17-0,33	0,17-0,33	У9А	0,86-0,93	0,17-0,28	0,17-0,33	192
У10	0,96-1,03	0,17-0,33	0,17-0,33	У10А	0,96-1,03	0,17-0,28	0,17-0,33	207
У11	1,06-1,13	0,17-0,33	0,17-0,33	У11А	1,06-1,13	0,17-0,28	0,17-0,33	212
У12	1,16-1,23	0,17-0,33	0,17-0,33	У12А	1,16-1,23	0,17-0,28	0,17-0,33	
У13	1,26-1,34	0,17-0,33	0,17-0,33	У13А	1,26-1,34	0,17-0,28	0,17-0,33	217

Примечания: 1. Содержание вредных примесей в качественных сталях марок У7-У13 не более 0,03% S и 0,035% P, в высококачественных марках У7А-У13А - не более 0,020% S и 0,030% P.

2. По назначению, в зависимости от содержания остаточных примесей, стали делят на пять групп. Во всех сталях (кроме патентированной проволоки, стали для сердечников и лент со специальной отделкой) марок У7-У13 (группа 1) содержание остаточных примесей должно быть $Cu \leq 0,20\%$, $Ni \leq 0,25\%$, $Al \leq 0,25\%$, а в сталях марок У7А-У8А (группа 2) - $Cu \leq 0,15\%$, $Ni \leq 0,15\%$, $Al \leq 0,20\%$.

3. Твердость стали после закалки в воде - не менее 62 HRC.

Т а б л и ц а 2

Химический состав сталей для валков листовой
холодной прокатки

Марка стали	Содержание элементов, %						
	C	Mn	Si	Cr	Mo	V	Другие
9X2	0,85- 0,95	0,20- 0,70	0,25- 0,50	1,70- 2,10			
9X2MФ	0,85- 0,95	0,20- 0,70	0,25- 0,50	1,70- 2,10	0,20- 0,30	0,10- 0,20	
9XCBФ	0,85- 0,95	0,30	0,90- 1,10	1,30- 1,50		0,10- 0,20	W 0,40- 0,60
75XCMФ	0,72- 0,80	0,30	0,80- 1,20	1,20- 1,50	0,20- 0,30	0,10- 0,20	
90XФ(9XФ)	0,85- 0,95	0,20- 0,70	0,20- 0,50	1,40- 1,70		0,10- 0,25	
75XM	0,70- 0,80	0,20 0,70	0,20 0,60	1,40- 1,70	0,20- 0,30		
8XCM	0,72- 0,82	0,20- 0,40	0,80- 1,20	1,10- 1,40			Co 0,05- 0,10
60XCMФ	0,55- 0,65	0,40- 0,70	1,05- 1,30	1,40- 1,80	0,40- 0,60	0,15- 0,25	
60X2CMФ	0,57- 0,65	0,20 0,70	1,05- 1,30	1,80- 2,10	0,25- 0,35	0,10- 0,25	
8X5CMФК	0,75- 0,85	0,60- 0,80	0,70- 1,00	4,50- 4,90	0,60- 0,80	0,20- 0,40	Co 0,5-0,8 Ce 0,005- 0,02
55X	0,50- 0,60	0,35- 0,65	0,17- 0,37	1,00- 1,30			

Примечание. Во всех сталях допускается никеля не более 0,30%, серы - не более 0,03%, фосфора - не более 0,03%.

Химический состав инструментальной легированной стали
по ГОСТ 5950-73 (СТ СЭВ 3895-82)

Марка стали	Массовая доля элементов, %							
	C	Si	Mn	Cr	W	V	Mo	Другие
	Г р у п п а I							
8ХФ	0,70- 0,80	0,10- 0,40	0,15- 0,45	0,40- 0,70		0,15- 0,30		
9ХФ	0,80- 0,90	0,15- 0,35	0,30- 0,60	0,40- 0,70		0,15- 0,30		
9ХТМ	0,80- 0,90	0,15- 0,35	0,30- 0,60	0,40- 0,70		0,15- 0,30	0,15- 0,25	
11ХФ(11Х)	1,05- 1,15	0,15- 0,35	0,40- 0,70	0,40- 0,70		0,15- 0,30		
13Х	1,25- 1,40	0,10- 0,40	0,15- 0,45	0,40- 0,70				
ХВ4Ф(ХВ5)	1,25- 1,45	0,15- 0,35	0,15- 0,40	0,40- 0,70	3,50- 4,30	0,15- 0,30		
В2Ф	1,05- 1,22	0,10- 0,40	0,15- 0,45	0,20- 0,40	1,60- 2,00	0,15- 0,30		
9Х1(9Х)	0,80- 0,95	0,25- 0,45	0,15- 0,40	1,40- 1,70				
Х	0,95- 1,10	0,10- 0,40	0,15- 0,45	1,30- 1,65				
12Х1(120Х ЭП430)	1,15- 1,25	0,15- 0,35	0,30- 0,60	1,30- 1,65				
9ХС	0,85- 0,95	1,20- 1,60	0,30- 0,60	0,95- 1,25				
ХГС	0,95- 1,05	0,40- 0,70	0,85- 1,25	1,30- 1,65				
9ХВГ	0,85- 0,95	0,15- 0,35	0,90- 1,20	0,50- 0,80	0,50- 0,80			
ХВГ	0,95- 1,05	0,10- 0,40	0,80- 1,10	0,90- 1,20	1,20- 1,60			
ХВСГ*	0,95- 1,05	0,65- 1,00	0,60- 0,90	0,60- 1,10	0,50- 0,80	0,05- 0,15		
9Х5ВФ	0,85- 1,00	0,15- 0,40	0,15- 0,40	4,50- 5,50	0,80- 1,20	0,15- 0,30		

Продолжение табл. 3

Марка стали	Массовая доля элементов, %							Другие
	C	Si	Mn	Cr	W	V	Mo	
8Х6НФТ (85Х6НФТ)	0,80- 0,90	0,15- 0,35	0,15- 0,40	5,00- 6,00		0,30- 0,50		Ni 0,9- 1,3 Ti 0,05- 0,15
9Г2Ф	0,85- 0,95	0,10- 0,40	1,70- 2,20			0,10- 0,30		
Х6ВФ	1,05- 1,15	0,15- 0,35	0,15- 0,40	5,50 6,50	1,10- 1,50	0,50 0,80		
Х12	2,00- 2,20	0,10- 0,40	0,15 0,45	11,5- 13,0				
Х12ВМФ	2,00- 2,20	0,10- 0,40	0,15 0,45	11,0- 12,50	0,50- 0,80	0,15- 0,30	0,60- 0,90	
Х12МФ	1,45- 1,65	0,10- 0,40	0,15- 0,45	11,0- 12,50		0,15- 0,30	0,40- 0,60	
Х12Ф1	1,25- 1,45	0,15- 0,35	0,15- 0,40	11,0 12,50		0,70- 0,90		
7ХГ2ВМФ	0,68- 0,75	0,20- 0,40	1,80- 1,80	1,50- 1,80	0,55- 0,90	0,10- 0,25	0,50- 0,80	
6Х6В3МФС (65Х6В3СМФ, ЭП569)	0,50- 0,60	0,60- 0,90	0,15- 0,40	5,50- 6,50	2,50- 3,20	0,50- 0,80	0,60- 0,90	
6Х4М2ФС (ДИ55)	0,57- 0,65	0,70- 1,00	0,15- 0,40	3,80- 4,40		0,40- 0,60	2,00- 2,40	
11Х4В2МФ3С2 (ДИ37)	1,05- 1,15	1,40- 1,80	0,20- 0,50	3,50- 4,30	2,00- 2,70	2,30- 2,80	0,30- 0,50	Ni 0,40
8Х4В2МФС2 (ЭП761)	0,80- 0,90	1,70- 2,00	0,20- 0,50	4,55- 5,10	1,80- 2,30	1,10- 1,40	0,80- 1,10	
Г р у п п а II								
7Х3	0,65- 0,75	0,15- 0,35	0,15- 0,40	3,20- 3,80				
8Х3	0,75- 0,85	0,15- 0,35	0,15- 0,40	3,20- 3,80				
5ХНМ	0,50- 0,60	0,10- 0,40	0,50- 0,80	0,50 0,80			0,15- 0,30	Ni 1,40- 1,80
5ХНВ	0,50- 0,60	0,15- 0,35	0,50- 0,80	0,50- 0,80	0,40 0,70			Ni 1,40- 1,80

Марка стали	Массовая доля элементов, %							
	C	Si	Mn	Cu	W	V	Mo	Другие
5ХНВС	0,50- 0,60	0,60- 0,90	0,30- 0,60	1,30- 1,60	0,40- 0,70			Ni 0,80- 1,20
5Х1М	0,50- 0,60	0,25- 0,60	1,20- 1,60	0,60- 0,90			0,15- 0,30	
4ХМФС (40ХСМФ)	0,37- 0,45	0,50- 0,80	0,50- 0,80	1,50- 1,80		0,30- 0,50	0,90- 1,20	
5Х2МНФ	0,46- 0,53	0,10- 0,40	0,40- 0,70	1,50- 2,00		0,30- 0,50	0,80- 1,10	Ni 1,20- 1,60
3Х2МНФ	0,27- 0,33	0,15- 0,40	0,30- 0,60	2,00- 2,50		0,25- 0,40	0,40- 0,60	Ni 1,20- 1,60
4ХМНФС	0,35- 0,42	0,70- 1,00	0,15- 0,40	1,25- 1,55		0,35- 0,50	0,65- 0,85	Ni 1,20- 1,60
4Х5МФС	0,32- 0,40	0,90- 1,20	0,20- 0,50	4,50- 5,50		0,30- 0,50	1,20- 1,50	
4Х5МФ1С (ЭП572)	0,37- 0,44	0,90- 1,20	0,20- 0,50	4,50- 5,50		0,80- 1,10	1,20- 1,50	
4Х3ВМФ (ЭИ2)	0,40- 0,48	0,60- 0,90	0,30- 0,60	2,80- 3,50	0,60- 1,00	0,60- 0,90	0,40- 0,60	
4Х5В2ФС (ЭИ958)	0,35- 0,45	0,80- 1,20	0,15- 0,40	4,50- 5,50	1,60- 2,20	0,60- 0,90		
3Х3М3Ф	0,27- 0,34	0,10- 0,40	0,20- 0,50	2,80- 3,50		0,40- 0,60	2,50- 3,00	
4Х4ВМФС (ДИ22)	0,37- 0,44	0,60- 1,00	0,20- 0,50	3,20- 4,00	0,80- 1,20	0,60- 0,90	1,20- 1,50	
4Х2В2МФС ^X (45Х2СВ2МФ), ЭП641)	0,42- 0,50	0,30- 0,60	0,30- 0,60	2,00- 2,50	1,80- 2,40	0,60- 0,90	0,80- 1,10	
4Х2В5МФ (ЭИ959)	0,30- 0,40	0,15- 0,35	0,15- 0,40	2,20- 3,00	4,50- 5,50	0,60- 0,90	0,60- 0,90	
3Х2В8Ф	0,30- 0,40	0,15- 0,40	0,15- 0,40	2,20- 2,70	7,50- 8,50	0,20- 0,50		
5Х3В3МФС (ДИ23)	0,45- 0,52	0,50- 0,80	0,20- 0,50	2,50- 3,20	3,00- 3,60	1,50- 1,80	0,80- 1,10	Ni 0,05- 0,15
4ХС	0,35- 0,45	1,20- 1,60	0,15- 0,40	1,30- 1,60				
6ХС	0,60- 0,70	0,60- 1,00	0,15- 0,40	1,00- 1,30				

Марка стали	Массовая доля элементов, %							
	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>W</i>	<i>V</i>	<i>Mo</i>	Другие
6ХВГ	0,55- 0,70	0,15- 0,35	0,90- 1,20	0,50- 0,80	0,50- 0,80			
4ХВ2С	0,35- 0,45	0,60- 0,90	0,15- 0,40	1,00- 1,30	2,00- 2,50			
5ХВ2СФ	0,45- 0,55	0,80- 1,10	0,15- 0,45	0,90- 1,20	1,80- 2,30	0,15- 0,30		
6ХВ2С	0,55- 0,65	0,50- 0,80	0,15- 0,40	1,00- 1,30	2,20- 2,70			
6ХЗМФС (ЭП788)	0,55- 0,62	0,35- 0,65	0,20- 0,60	2,60- 3,30		0,30- 0,60	0,20- 0,50	

Примечания: 1. Содержание серы и фосфора не более 0,030% каждого.

2. Содержание элементов в сталях, не легированных ими, не должно превышать: 0,35% *Si*, 0,30% *Si*, 0,20% *Mo*, 0,15% *V*, 0,030% *Ti*.

Таблица 4

Химический состав быстрорежущей стали по
ГОСТ 19265-73 (СТ СЭВ 3896-82)

Марка стали	Массовая доля элементов, %						
	<i>C</i>	<i>Cr</i>	<i>W</i>	<i>V</i>	<i>Co</i>	<i>Mo</i>	Другие
P18	0,73- 0,83	3,80- 4,40	17,00- 18,50	1,00- 1,40	≤ 0,50	≤ 1,0	
P9	0,85- 0,95	3,80- 4,40	8,50- 9,50	2,30- 2,70	≤ 0,50	≤ 1,0	
P6M5	0,82- 0,90	3,80- 4,40	5,50- 6,50	1,70- 2,10	≤ 0,50	4,80- 5,30	
ИПЗМЗФ2	1,02- 1,12	3,80- 4,30	2,50- 3,30	2,30- 2,70	≤ 0,50	2,50- 3,00	<i>N</i> 0,05- 0,10 <i>Nb</i> 0,05- 0,20
P6M5Ф3	0,95- 1,05	3,80- 4,30	5,70- 6,70	2,30- 2,70	≤ 0,50	4,80- 5,30	

Марка стали	Массовая доля элементов, %						
	C	Сr	W	V	Co	Mo	Другие
P12Ф3	0,95- 1,05	3,80- 4,30	12,00- 13,00	2,50- 3,00	< 0,50	< 1,0	
P18K5Ф2	0,85- 0,95	3,80- 4,40	17,00- 18,50	1,80- 2,20	4,70- 5,20	< 1,0	
P9K5	0,90- 1,00	3,80- 4,40	9,00- 10,00	2,30- 2,70	5,00- 6,00	< 1,0	
P6M5K5	0,84- 0,92	3,80- 4,30	5,70- 6,70	1,70- 2,10	4,70- 5,20	4,80- 5,30	
P9M4K8	1,00- 1,10	3,00- 3,60	8,50- 9,50	2,30- 2,70	7,50- 8,50	3,80- 4,30	
P2AM9K5	1,00- 1,10	3,80- 4,40	1,50- 1,80	1,70- 2,10	4,70- 5,20	8,00- 9,00	N 0,05- 0,10 Nb 0,10- 0,30

Примечание. В сталях содержится не более 0,5% *Mn*, 0,5% *Sr*, 0,4% *Ni*, 0,030% *S*, 0,030% *P*.

Таблица 5

Нормы твердости отожженной или высокоотпущенной инструментальной стали по ГОСТ 5950-73

Марка стали	Твердость HB, не более	Марка стали	Твердость HB, не более	Марка стали	Твердость HB, не более
8XФ	241	X6BФ	241	5X2MНФ	255
9XФ	241	X12	255	4X5MФC	241
11XФ	229	X12BMФ	255	4X5MФIC	241
13X	248	X12MФ	255	4X5B2ФC	241
9XI	229	X12ФI	255	4X3BMФ	241
X	229	7X12BMФ	255	4X4BMФC	241
XB4Ф	255	6X6B3MФC	255	3X3M3Ф	229
9Г2Ф	229	6X4M2ФC	255	3X2B8Ф	241
9XBГ	241	11X4B2MФC2	255	4X2B5MФ	241
XБГ	255	8X4B2MФC2	255	4X2B2MФC	241
XBCГФ	241	7X3	229	5X3B3MФC	241

Марка стали	Твердость НВ, не более	Марка стали	Твердость НВ, не более	Марка стали	Твердость НВ, не более
I2XI	24I	8X3	24I	4XC	2I7
B2Φ	229	5XHM	24I	6XC	229
9XC	24I	5XNB	255	5XB2CΦ	229
XTC	24I	5XNBC	255	6XB2C	269
9X5BΦ	24I	5XTM	24I	6XBΓ	2I7
8X6HΦT	24I	4XMΦC	24I	6X3MΦC	24I
8X6HΦT	24I	4XMΦC	24I	4XB2C	24I

Примечание. Режимы смягчающей предварительной термообработки заготовок приведены в справочниках [8, 9].

Т а б л и ц а 6

Нормы твердости отожженной быстрорежущей стали
по ГОСТ 19265-73

Марка стали	Твердость НВ, не более	Марка стали	Твердость НВ, не более	Марка стали	Твердость НВ, не более
PI8	255	P6M5Φ3	269	P6M5K5	269
P9	255	PI2Φ3	269	P9M4K8	285
P6M5	255	PI8K5Φ2	285	P2AM9K5	285
IIP3AM3Φ2	255	P9K5	269		

Примечание. Режимы отжига быстрорежущей стали приведены в справочниках [8, 9].

Сплавы твердые спеченные по ГОСТ 3882-74
(СТ СЭВ 1251-78, СТ СЭВ 5015-85)

Группы	Марки	Коды ОКП	Массовая доля основных компонентов в смеси порошков, %			
			WC	TiC	TaC	Co
Вольфрамовая	ВКЗ	19 6522	97	-	-	3
	ВКЗ-М	19 6511	97	-	-	3
	ВК4	19 6523	96	-	-	4
	ВК4-В	19 6531	96	-	-	4
	ВК6	19 6524	94	-	-	6
	ВК6-ОМ	19 6516	92	-	2	6
	ВК6-М	19 6512	94	-	-	6
	ВК6-В	19 6532	94	-	-	6
	ВК8	19 6525	92	-	-	8
	ВК8-В	19 6533	92	-	-	8
	ВК8-ВК	19 6535	92	-	-	8
	ВК10	19 6526	90	-	-	10
	ВК10-М	19 6513	90	-	-	10
	ВК10-ОМ	19 6517	88	-	2	10
	ВК10-КС	19 6536	90	-	-	10
	ВК11-В	19 6534	89	-	-	11
	ВК11-ВК	19 6537	89	-	-	11
	ВК15	19 6527	85	-	-	15
	ВК20	19 6528	80	-	-	20
	ВК20-КС	19 6538	80	-	-	20
ВК20К	19 6539	78	-	-	22	
ВК25	19 6529	75	-	-	25	
Титано-вольфрамовая	Т30К4	19 6614	66	30	-	4
	Т15К6	19 6613	79	15	-	6
	Т14К8	19 6612	78	14	-	8
	Т5К10	19 6611	85	6	-	9
	Т5К12	19 6615	83	5	-	12

Группы	Марки	Коды ОКП	Массовая доля основных компонентов в смеси порошков, %			
			<i>WC</i>	<i>TiC</i>	<i>TaC</i>	<i>Co</i>
титано-тантало-вольфрамовая	ТТ7К12	19 6621	81	4	3	12
	ТТ8К6	19 6623	84	8	2	6
	ТТ10К8-Б	19 6622	82	3	7	8
	ТТ20К9	19 6624	67	9,4	14,1	9,5

Обозначения в конце маркировки:

- М - сплавы, изготовленные из мелких порошков (повышенной износостойкости);
- ОМ - сплавы, изготовленные из особо мелких порошков (высокой износостойкости);
- В - сплавы, изготовленные из *WC*, полученного из крупнозернистого *W* путем высокотемпературного восстановления (повышенной вязкости);
- КС - сплавы из *WC*, полученного при высоких температурах и подвергнутого размолу до средней зернистости;
- БК - сплавы, изготовленные из особо крупного *WC* (высокая вязкость, стойкость против ударов).

3. РЕЖИМЫ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
И СВОЙСТВА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Т а б л и ц а 8

Режимы окончательной термической обработки
и твердость инструмента из углеродистой стали [8, 9]

Марка стали	Закалка		Отпуск	
	Температура, °C	Твердость, HRC ₂	Температура, °C	Твердость, HRC ₂
У7, У7А	800-820	63-65	150-160 (200)	61-63 (57-59)
У8, У8А, У8Г, У8ГА	780-800	63-65	150-160 200-220	61-63 57-59
У9, У9А	760-780	64-66	150-160 200-220	62-63 58-59
У10, У10А	770-800	64-66	150-160 200-220	62-63 58-59
У11, У11А	770-800	64-66	150-160 200-220	62-63 58-59
У12, У12А, У13, У13А	760-790	64-66	150-160 200-220	62-63 58-59

Примечания: I. Охлаждение при закалке:

Размер и форма сечения	Охлаждающая среда и режим охлаждения
Более 10-12 мм	Вода и водные растворы солей и щелочей Масло Солевой (селитровый) расплав 160-200°C, далее воздух
Менее 4 мм	
От 5 до 10 мм	
Сложная форма и крупные размеры	Вода до M_H , затем масло или селитровый расплав 160-200°C, далее воздух

2. Критический диаметр при закалке: в воде - 15-20 мм, в масле - 4-6 мм, в селитре - 3-5 мм.

Прокаливаемость некоторых марок низколегированной инструментальной стали

Марка стали	Критические диаметры, мм, при закалке		
	в воде	в масле	в селитре
7XΦ	20-25	8-15	5-8
8XΦ	15-25	5-8	4-7
9XΦ	15-25	5-8	4-7
11XΦ	15-15	7-10	6-9
13X	20-25	10-15	8-14
9XI	20-40		
X	28-54	8-35	8-27
9XC	42-70	12-35	12-25
XГC	72-100	46-67	35-60

Т а б л и ц а 10

Назначение, твердость и глубина активного слоя валков листовой холодной прокатки

Тип валков	Назначение валков	Твердость по Шору,		Диаметр бочки, мм	Глубина активного слоя, мм, не менее
		бочек	шеек		
1	Рабочие валки прессировочных и чистовых клетей непрерывных станов холодной прокатки	95-102	30-55	До 250	8
2	Рабочие валки клетей станов холодной прокатки (кроме типа 1)			250-600	10
3	Рабочие валки станов теплой прокатки			600-750	9
4	Опорные валки с повышенной твердостью	75-90	30-55	До 1600	8
5	Опорные валки (кроме типа 4)	70-85			
		45-69			30

Примечания. I. Бочки цельнокованых валков подвергают поверхностной индукционной, а бандажи составных опорных валков объемной или поверхностной индукционной закалке и отпуску на указанные в таблице твердости.

2. После окончательной термической обработки бочки и бандажи валков должны иметь термически упроченную зону, состоящую из активного слоя и переходного слоя.

3. Активным считается слой от поверхности до глубины, где твердость на 5 единиц по Шору меньше нижнего предела, установленного для соответствующего типа валков, кроме I. Для валков типа I слой твердостью 90 HRC должен быть не менее 6 мм.

Т а б л и ц а II

Режимы окончательной термической обработки режущего и измерительного инструмента из низколегированной инструментальной стали [8, 9]

Группа стали	Марка стали	Закалка		Отпуск	
		Температура, °C	Твердость, HRC ₃	Температура, °C	Твердость, HRC ₃
Глубокой прокаливаемости	7XΦ	800-820	62-64	200-220	58-60
		820-840	62-64	200-220	58-60
	8XΦ	810-820	58-59	200-220	57-58
		830-860	62-64	200-220	60-62
	9XΦ	820-840	61-64	200-250	55-58
		850-880	61-64	200-250	58-60
	11XΦ	810-830	62-65	150-170	62-65
		840-860	62-64	150-170	62-65
	13X	780-820	63-65	150-170	62-65
		810-830	62-64	150-170	61-64
XB1Φ	820-840	65-67	140-170	62-65	
	830-850	63-65	140-170	62-65	
B2Φ	780-840	66-67	150-180	62-65	
Глубокой прокаливаемости	9X1	820-850	61-63	160-190	59-61
	X	840-850	62-63	130-150 170-210	62-65 58-60
	9XC	840-860	62-63	160-180	58-62
	11XC	850-860	62-64	150-160	61-63
	12X1	850-870	63-65	120-130	62-65

Группа стали	Марка стали	Закалка		Отпуск	
		Температура, °C	Твердость, HRC ₉	Температура, °C	Твердость, HRC ₉
	9ХВГ	820-840	64-66	160-180 170-230 230-275	61 60-62 56-60
	ХВГ	830-850	62-63	150-200 200-300	62-63 58-62
	ХВГФ	840-860	62-63	140-160	60-62
	9Г2Ф	780-800	61-63	170-190	60-63

Примечания. 1. Стали глубокой прокаливаемости закаляются в солевом расплаве при 160-200°C в течение времени, равном выдержке при нагреве, затем на воздухе.

2. Стали неглубокой прокаливаемости охлаждаются при закалке в воде, масле или расплаве солей (см. примечание I к табл. 8). При охлаждении в воде берутся меньшие температуры закалки из указанных, а при охлаждении в менее жестких средах - большие.

Т а б л и ц а 12

Режимы окончательной термической обработки деталей штампового инструмента холодного деформирования [8, 5]

Марка стали	Закалка					Отпуск	
	Температура, °C		Способ охлаждения	Балл зерна	Твердость, HRC	Температура, °C	Твердость, HRC
	подогрева	окончат. нагрева					
XI2	650-700	950-980	M	II	63-65	180-200 300-350	60-62 57-58
XI2ФI	650-700	1030-1050	M, C	10-II	62-64	180-200 400-420	60-62 56-58
XI2MФ	650-700	1000-1030	M, C	10-II	63-65	170-200 320-350	60-62 56-58
X6BФ	650-700	980-1000	M, C	II	63-65	150-170 280-300	62-63 55-57

Марка стали	Закалка				Отпуск		
	Температура, °С		Способ охлаждения	Балл зерна	Твердость, HRC	Температура, °С	Твердость, HRC
	подогрева	окончат. нагрева					
X6Φ4M	650-700	980-1010 1140-1160	M	II-12 10-II	62-64 62-63	170-190 550 (3раза)	60-62 62-63
9X5BΦ	650-700	950-1000	M	10-II	58-60	280-300 400-420	57-58 54-56
8X6HΦT	650-700	950-1000	M	II	58-60	280-300 400-420	56-57 54-56
8X4B2C2MΦ	700-750	1060-1090	C, M	10-II	62-64	530-540 (3раза)	62-63
8X4B3M3Φ2	860-880	1150-1175	C, M, B	10-II	60-62	550-560 (3раза)	60-62
11X4B2C2Φ2M	700-750	1060-1080	C, M, B	10-II	60-62	520-540 (3раза)	60-61
		1000-1020		12-13	60-62	200	61-62
X5C4B2Φ2HM (ди 57)	750-800	1090-1110	C, M, B	10-II	60-62	510-530 (3раза)	63-64
7XГ2BMΦ	650-700	850-860	M, B	10-II	61-62	140-160 200	59-60 57-58
6X4M2ΦC	800-850	1050-1070	M, C	II	60-62	520-540	59-61
6X3MΦC	700-750	980-1020	M, C	10-II	56-60	180-200	56-59
6X6B3MΦC	800-850	1050-1070	C, M	II	60-62	540-560 480-500	58-60

Способы охлаждения: М - в масле, В - на воздухе, С - в седитровой ванне при 240-260°С, далее на воздухе (для деталей сложной формы).

Механические свойства сталей для штампов
холодного деформирования [8, 6, 5]

Группа	Марка стали	Твердость после окончат. термообра- ботки, HRC*	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	KCV, МДж/м ²
Повышенной износостой- кости	X12	60-62 57-58	2000-2200 2100-2300		0,15-0,20 0,20-0,30
	X12M	60-62 56-58	2400-2600 2900-3100		0,25-0,30 0,50-0,60
	X12M5	60-62 56-58	2500-2700 3000-3200		0,40-0,50 0,60-0,70
	X6M5	60-62 55-57	2900-3600 3400-3800		0,70-0,80 0,90-1,00
	X054M	60-62 62-63	2800-3000 3000-3200		0,25-0,30 0,45-0,70
	9X5B5	60-62 57-58	2800-3200 4000-4200		0,60-0,70 0,50-0,60
	8X8M5T	56-58 55-56	3600-3900 3800-3900		0,70-0,80 0,90-1,00
	Вторично твердеющие с высоким сопротивле- нием смятию	8X4B202M5	62-63	3750-3850	2700-2800
8X4B3M3*2		60-62	3200-3400	2600-2700	0,25-0,30
11X4B3M3T2		60-61 61-62	3000-3900 3400-3600	2600-2700 2500-2600	0,40-0,50 0,30-0,35
X504B240HM		63-64	3200-3400	2600-2700	0,25-0,30
Высокопроч- ные повы- шенной вязкости	7X72E15	59-60 57-58	3200-3300 3700-3800		1,30-1,50 0,90-1,20
	6X4M27C	59-61	4000-4500		1,40-1,60
	6X3M7C	57-59	3200-3500		0,35-0,45**
	6X8B317C	58-60	3000-3600		1,40-1,80

* Режимы термообработки приведены в табл. 12.

** На образцах с надрезом, без надреза KCV \geq 3 МДж/м².

Режимы окончательной термической обработки деталей
штампового инструмента горячего деформирования [8]

Марка стали	Закалка				Отпуск		
	Температура, °С		Способ охлаж- дения	Балл зер- на	Твер- дость, HRC	Темпера- тура, °С	Твер- дость, HRC
	подогре- ва	окончат. нагрева					
8X3	650-700	820-850	3, 4	10	58-60	480-550	42-46
5XHM	700-750	840-860	3, 4	-	56-60	500-550 400-480	38-41 42-46
5XNBC	700-750	800-880	3, 4	-	59-58	560-600 480-540	38-40 41-47
4XMF	700-750	910-930	3, 4	10	53-55	580-600	44-46
27X2HMВФ	700-750	930-960	3, 4	10-9	42-46	560-580	40-42
30X2MНФ	700-750	930-950	3, 4	10-9	43-45	550-570	40-42
5X2MНФ	700-750	970-980 970-1000	3, 4 3, 4	10-II 9-10	55-58 58-60	600-620 580-600	40-45 45-47
4X5MF	700-750	1000-1020	1, 2	10	50-52	530-560	47-49
4X5B2F	840-860	1030-1050	1, 2	10	53-56	560-580	47-49
4X3BMФ	700-750	1040-1060	1, 2	9-10	52-54	560-580	47-49
3X3M3Ф	700-750	1030-1050	1, 2	10-II	47-50	580-600	47-48
4X4BMF	700-750	1050-1070	1, 2	10	55-61	620-630	47-50
45X2CB2MФ	700-750	1080-1100	1, 2	9-10	56-58	650-670	42-46
4X2B5FM	840-860	1050-1080	1, 2	9-10	48-51	630-660	42-46
5X3B3MF	850-870	1120-1150	1, 2	10	53-56	660-680	42-46
3X2B8Ф	700-750	1070-1100	1, 2	10	48-52	600-620 630-660	42-48 39-42
	840-860	1120-1160	1, 2	8-9	52-54	640-660	42-46
2X6B8M2K8*	840-860	1180-1220	1, 2	10	52-54	660-680 700-720	54-56 50-51
2X9B6**	820-840	1120-1140	1, 2	9-10	46-48	570-580	42-46

* - по ТУ А-7845-207-69, ** - по ТУ 14-131-143-74.

Способы охлаждения:

1) подстуживание на воздухе до 900-950°С, затем в масле до 200-230°С, далее на воздухе;

- 2) подстуживание до 900–950⁰С, затем в смеси солей при 450–500⁰С, затем в масле до 200–230⁰С, далее на воздухе;
- 3) в масле до 200–230⁰С, далее на воздухе;
- 4) в смеси солей при 450–500⁰С до выравнивания температуры в сечении, затем в масле до 200–230⁰С, далее на воздухе.

Т а б л и ц а 15

Технологические режимы процессов поверхностного упрочнения штампов горячего деформирования [8]

Наименование процесса	Марки стали	Среда	Компоненты	Температура, °С	Время, ч	Толщина слоя, мм	Твердость, HV
Азотирование	5ХНМ, 5ХНВ, 7ХЗ, 5ХГСВФ, 4ХМФС	Газо- вая	Аммиак, степень диссоциации 25–40%	480–500	40–50	0,3–0,5	650–670
	4Х5В2ФС, 4ХЗВМФ, 4Х5МФС, 3ХЗМЗФ	Газо- вая	Аммиак, степень диссоциации 40–60%	540–550	15–20	0,15–0,25	750–900
	3Х2В8Ф, 2Х9В6, 4Х4ВМФС, 5ХЗВЗМФС, 4Х2В5М	Газо- вая	Аммиак, степень диссоциации 50–80%	560–580	8–11	0,2–0,3	750–850
Нитроцементация	3Х2В8Ф, 4Х2В2МФС, 3ХЗМЗФ, 4Х4ВМФС	Газо- вая	Эндогаз – 25 м ³ /ч, аммиак – 2 м ³ /ч, природный газ – 1 м ³ /ч	830–850	10–14	0,7–1,2	650–950
Борирование	3Х2В8Ф, 12ХМ, 5ХНМ, 5ХНВ	Жид- кая	Карбид бора – 84%, бура – 16%, хлористый аммоний – 3%	950	8–10	0,5–1,0	До 2500
Хромирование	4Х5МФС, 4Х5В2ФС, 5ХЗВЗМФС	Твер- дая	Феррохром – 75%, окись алюмин. – 25%, хлористый аммоний – 3%	1100	8–10	0,3–0,6	До 1800

Т а б л и ц а 16

Теплостойкость и механические свойства сталей
для штампов горячего деформирования [5, 6, 7, 9].

Группа	Марка стали	$t_{уст},$ °C	Твер- дость, HRC*	Тепло- стой- кость, °C, HRC ₄₀	$\sigma_{0,2},$ МПа	$\sigma_{B},$ МПа	$\delta,$ %	$\psi,$ %	$KCU,$ МДж/м ²
Умеренной теплот. и повышенной вязкости	5ХНМ	20	44	500	I300	I460	II	42	0,50
		400	38		I000	I250	I3,5	48	0,65
		500	30		740	960	I8	55	0,45
		600	I8		450	560	28	70	0,70
	4ХМФС	20	49	570	I500	I640	II,4	42	0,5I
		400			I350	I420	I7	60	0,29
		500			I220	I280	I7	64	0,79
		600			780	900	20,5	75	0,85
	3Х2МНФ	20	42		I300	I450	II	45	0,55
		300			II00	I300	I2	46	0,80
		500			860	II00	I3	60	0,55
	5Х2МНФ (ДИ32)	20	43		I380	I480	I2	43	0,60
300			II00		I270	I3	55	0,65	
600			700		820	2I	77	0,65	
Повышенной вязкости и тепло-стойкости	4Х5МФС	20	47	600	I620	I780	I2	55	0,55
		400			I300	I500	I2	48	0,65
		550			I200	I320	II	50	0,60
	4Х5В2*С	20	48	630	I600	I750	II	43	0,36
		300	40		II00	I250	I7	44	0,36
		600	33		850	960	I5	5I	0,44
		700	26		300	320	30	8I	0,82
	4Х3ВМ*С	20	47,5	650	I500	I750	I3	52	0,50
		400			I320	I460	I3	55	0,60
		520			I050	I300	I2	52	0,60
	3Х3М*С	20	46	650	I500	I700	I2	50	0,25
		400			I300	I400	I0	50	0,60

Группа	Марка стали	$t_{\text{оп}}$, °C	Твер- дость HRC*	Тепло- стой- кость °C, HRC ₄₀	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %	KCU ₂ МДж/м ²
Повышенной вязкости и теплостойкости	3Х3М3Ф	550			II50	I280	II	52	0,50
		600			I000	II50	I2	54	0,50
	4Х4ВМФС (ДИ22)	20	48,5	660	I600	I780	9	38	0,50
		400			I330	I500	10	45	0,55
		550			II20	I260	II	50	0,50
		600			950	II20	I2	52	0,55
	45Х2СВ2МФ (ЭП64Г)	20	47,5	665	I650	I800	5	34	0,20
		400			I400	I520	9	50	0,40
		600			950	II00	II	45	0,40
	Высокой теплостойкости	3Х2В8Ф	20	45	660	I420	I620	8	32
500			4I		I270	I370	7	26	0,25
600			34		I000	II50	9	35	0,30
4Х2В5МФ		20	46,5	680	I480	I680	10	42	0,30
		500			II20	I230	10	40	0,50
		600			900	I000	10	48	0,45
		650			730	820	II	37	0,50
5Х3В3МФС (ДИ23)		20	46,5	680	I500	I680	9	38	0,25
		500			I250	I280	9	45	0,35
		600			910	I020	10,5	40	0,40
		650			730	850	I2	35	0,40
2ХСВ8М2К8 (ЭП745)		20	50	730	I450	I750	2	6	0,20
		600			950	I200	6	20	0,35
	700			800	900	8	25	0,50	

* Режимы термообработки на заданную твердость приведены в табл. I4.

Режимы закалки инструмента из быстрорежущих сталей [1, 8]

Марка стали	Температура закалки, °C	Марка стали	Температура закалки, °C
PI8	I270-I290	PI0Ф5K5	I230-I250
PI2, PI2Ф3	I240-I260	P9K5, P9KI0	I210-I235
P9	I220-I240	P6M5K5	I200-I230
P6M5	I200-I230	P8M3K6C	I200-I220
P6M5Ф3	I200-I230	P9M4K8	I215-I235
PI4Ф4	I240-I260	P6M3	I210-I230
PI2M3Ф2K8	I230-I250	P9Ф5	I230-I250
PI8Ф2K5	I270-I290	II P3AM3Ф2 *	II90-I210
PI2Ф4K5	I240-I260	P2AM9K5	II90-I210

Примечания. 1. Для обеспечения необходимой вязкости и прочности размер зерна должен быть в пределах 10-12 баллов по ГОСТ 5639-82.

2. Температуры закалки сталей, особенно низковольфрамовых, могут корректироваться для получения необходимого размера зерна.

3. Нагрев под закалку ступенчатый:

а) с двумя подогревами: 1) 200-500°C, 2) 850°C (или 1050-1100°C);

б) с тремя подогревами: 1) 200-500°C, 2) 850°C, 3) 1050-1100°C.

4. Расчет времени окончательного нагрева и выдержки приводится в литературе [6, 8].

5. Охлаждение при закалке ступенчатое, в горячих средах, в течение времени, равного выдержке при нагреве, затем на воздухе.

Применяют три варианта ступенчатой закалки:

а) в селитре (50% KNO_3 + 50% $NaOH$) при 200-300°C;

б) в селитре (70% KNO_3 + 30% $NaOH$) при 400-550°C;

в) в расплаве хлористых солей (48-50% $BaCl_2$ + 25-30% KCl + 22-25% $NaCl$) при 610-650°C.

6. Длинномерные инструменты (протяжки и пр.) охлаждают в масле до 300°C, далее на воздухе с применением горячей пржки.

Режимы отпуска инструментов из быстрорежущей стали [1, 8]

Марка стали	Температура, °C	Выдержка	Число отпусков	Твердость, HRC, не менее
P18, P12, P9	560	1 ч	3	62
	580	30 мин	2	62
	600	10-15 мин	2	62
P6AM5, P9M5K5, P6M5Ф3	560	1 ч	2-3	63
	580	20 мин	2	63
P9K5, P9K10	570	1 ч	3	63
	600	1 ч	2-3	62
P8M3K6C, P9M4K8, P12M3Ф2K8	560	1 ч	3-4	64
	560	1 ч	2-3	64
	560	1 ч	3	64
P9Ф5	570	1 ч	3-4	63
	600	1 ч	2-3	62
	600	20 мин	2	63
P18Ф2K5	570	1 ч	3	63
	600	1 ч	2-3	62
P12Ф4K5	560	1 ч	3	64
P6M5K5	560	1 ч	2-3	63
P6M3	560	1 ч	2	62
	580	15-20 мин	2	62
IIP3AM3Ф2	550	1 ч	2-3	64
P2AM9K5	540	1 ч	2-3	65

Примечания. 1. Допускаемые отклонения от приведенных температур не должны превышать $\pm 10^{\circ}\text{C}$.

2. Отпуск рекомендуется выполнять в расплаве калиевой селитры или хлористых солей. Охлаждение после отпуска - на воздухе.

Свойства быстрорежущих сталей по ГОСТ 19265-73

Марка стали	Красно- стой- кость, $T_{59-4}, ^\circ C$	σ_B^{432} , МПа	Вязкость	Сопро- тивле- ние износу	Шлифуе- мость	Особые свойства
P18	620	2800	Хорошая	Хорошее	Повышен- ная	Пониженная склонность к перегреву при закалке
P9	620	3000	Хорошая	Хорошее	Понижен- ная	Повышенная склонность к перегреву при закалке
P6M5	620	3400	Повышен- ная	Хорошее	Хорошая	Повышенная склонность к обезуглер.
11P3AM3Ф2	620		Повышен- ная	Хорошее	Понижен- ная	Повышенная склонность к перегреву при закалке
P6M5Ф3	630	2900	Хорошая	Повышен- ное	Хорошая	Повышенная склонность к обезуглер.
P12Ф3	630	2600	Хорошая	Повышен- ное	Понижен- ная	Пониженная склонность к перегреву при закалке
P18K5Ф2	640	2000	Понижен- ная	Повышен- ное	Хорошая	То же
P9K5	630	2500	Понижен- ная	Повышен- ное	Понижен- ная	То же
P6M5K5	630	2800	Хорошая	Повышен- ное	Хорошая	Повышенная склонность к обезуглер.
P9M4K8	630	2400	Понижен- ная	Повышен- ное	Понижен- ная	То же
P2AM9K5	630		Хорошая	Хорошее	Понижен- ная	Повышенная склонность к обезугле- рож. и пе- регреву при закалке

Примечание. Значения прочности на изгиб σ_B^{432} приведены по данным [9]. Отклонения от σ_B^{432} составляют ± 200 МПа.

Физико-механические свойства твердых сплавов по ГОСТ 3882-74

Марки	Предел прочности при изгибе, Н/мм ² (кгс/мм ²), не менее	Плотность, кг/м ³ · 10 ³ (г/см ³)	Твердость, HRA, не менее
ВК3	II76 (I20)	15,0-15,3	89,5
ВК3М	II76 (I20)	15,0-15,3	91,0
ВК4	I5I9 (I55)	14,9-15,2	89,5
ВК4-В	I470 (I50)	14,9-15,2	88,0
ВК6	I5I9 (I55)	14,6-15,0	88,5
ВК6-М	I42I (I45)	14,8-15,1	90,0
ВК6-ОМ	I274 (I30)	14,7-15,0	90,5
ВК6-В	I666 (I70)	14,6-15,0	87,5
ВК8	I666 (I70)	14,4-14,8	87,5
ВК8-В	I8I3 (I85)	14,4-14,8	86,5
ВК8-ВК	I764 (I80)	14,5-14,8	87,5
ВК10	I764 (I80)	14,2-14,6	87,0
ВК10-М	I6I7 (I65)	14,3-14,6	88,0
ВК10-ОМ	I470 (I50)	14,3-14,6	88,5
ВК10-КС	I862 (I90)	14,2-14,6	85,0
ВК11-В	I960 (200)	14,1-14,4	86,0
ВК11-ВК	I862 (I90)	14,1-14,4	87,0
ВК15	I862 (I90)	13,9-14,1	86,0
ВК20	2058 (210)	13,4-13,7	84,0
ВК20-КС	2107 (215)	13,4-13,7	82,0
ВК20-К	I764 (I80)	13,2-13,4	80,0
ВК25	2156 (220)	12,9-13,2	82,0
Т30К4	980 (100)	9,5-9,8	92,0
Т15К6	II76 (I20)	II,1-II,6	90,0
ТМК8	I274 (I30)	II,2-II,6	89,5
Т5К10	I42I (I45)	12,4-13,1	88,5
Т5К12	I666 (270)	13,1-13,5	87,0
ТТ7К12	I666 (I70)	13,0-13,3	87,0
ТТ8К6	I323 (I35)	12,8-13,3	90,5
ТТ10К8-Е	I6I7 (I65)	13,5-13,8	89,0
ТТ20К5	I470 (I50)	12,0-12,5	91,0

4. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ МАРОК
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Т а б л и ц а 21

Примерное назначение инструментальных нелегированных сталей [9]

Марка стали	Назначение
У7, У7А	Инструмент: для обработки дерева - топоры, стамески, колуны, долота; пневматический мелкий - зубила, обжимки, бойки; слесарно-монтажный - молотки, отвертки, плоскогубцы, кусачки, кузнечные штампы
У8, У8А	Инструмент: для обработки дерева - фрезы, зенковки, цековки, топоры, стамески, долота, продольные и дисковые пилы; слесарно-монтажный - обжимки, кернеры, бородки, отвертки, плоскогубцы, кусачки, накатные ролики
У9, У9А	Инструмент: для обработки дерева; слесарно-монтажный; калибры простой формы и пониженной точности
У10, У10А	Инструмент для обработки дерева - пилы ручные, машинные столярные, сверла спиральные; штампы для холодной штамповки - вытяжные, обрезные и вырубные небольших размеров и простой формы; калибры; накатные ролики, напильники, шаберы
У11, У11А	Холодно-высадочные пуансоны и штемпели мелких размеров, калибры простой формы; метчики, ручные напильники, шаберы, штампы холодной штамповки мелких размеров; инструмент для обработки дерева
У12, У12А	Метчики ручные, напильники, шаберы; штампы для холодной штамповки обрезные и вырубные небольших размеров и простой формы; холодновысадочные пуансоны и штемпели мелких размеров, калибры простой формы и пониженной точности
У13, У13А	Инструмент, который должен обладать повышенной износостойкостью при умеренных удельных нагрузках - напильники, бритвенные ножи и лезвия, острый хирургический инструмент, шаберы, граверный инструмент

Примечание. Из приведенных сталей изготавливают инструменты, не разогревающиеся в процессе эксплуатации.

Стали для изготовления валков холодной прокатки

Назначение валков	Диаметр бочки, мм	Марка стали
Рабочие валки	До 400	9Х1(9Х), 9Х2, 90ХФ(9ХФ), 9Х2МФ, 9ХСВФ, 75ХСМФ, 60ХСМФ, 8Х5СМФК
	400-600	9Х2, 9Х2МФ, 75ХСМФ, 60ХСМФ, 60Х2СМФ, 8Х5СМФК
	600-900	9Х2МФ, 60ХСМФ, 8Х5СМФК
Опорные валки, бандажи составных опорных валков	До 1600	9Х1(9Х), 9Х2, 90ХФ(9ХФ), 75ХМ, 8ХСМ
Оси составных опорных валков	До 1600	55Х, 45ХНМ, 40ХН2МА

Примечания. 1. Марки стали устанавливает изготовитель по согласованию с потребителем, исходя из конкретных условий эксплуатации валков.

2. По заказу потребителя допускается применение других марок сталей, кроме указанных в табл. 22.

Примерное назначение инструментальной низколегированной
стали различных марок по ГОСТ 5950-73

Марки стали	Области применения
<u>Стали неглубокой прокаливаемости</u>	
8ХФ	Ножи для холодной резки металла, обрезные матрицы и пуансоны при обрезке заусенцев, кернеры, штемпели при холодной работе
9ХФ	То же, рамные ленточные, круглые строгальные пилы
11ХФ	Метчики и другой режущий инструмент диаметром до 30 мм, закаливаемый в горячих средах
13Х	Бритвенные ножи и лезвия, острый хирургический инструмент, шаберы, гравировальный инструмент
ХВ4Ф	Резцы и фрезы при обработке с небольшой скоростью резания твердых материалов (валки с закаленной поверхностью), гравировальные резцы при очень напряженной работе и т.д.
В2Ф	Ленточные пилы по металлу и ножовочные полотна
<u>Стали глубокой прокаливаемости</u>	
9Х1	Валки холодной прокатки, дрессировочные валки, клейма, пробойники, холодновысадочные матрицы и пуансоны, деревообрабатывающий инструмент
Х	Зубила для насечки напильников, очень твердые кулачки эксцентров и пальцев, гладкие цилиндрические калибры и кольца, токарные, строгальные и долбежные резцы в лекальных и ремонтных мастерских
12Х1	Измерительный инструмент - плитки, калибры, шаблоны
9ХС	Сверла, развертки, метчики, плашки, гребенки, фрезы, машинные штемпели, клейма для холодных работ
ХГС	Холодновысадочные матрицы и пуансоны, вырубные штампы небольших размеров (диаметром до 70 мм). Сталь марки ХГС не может заменить сталь марок ХВГ, 9ХС, ХВС1Ф при изготовлении режущего инструмента

Марки стали	Области применения
XBG	Измерительные и режущие инструменты, для которых повышенное коробление при закалке недопустимо: резбовые калибры, протяжки, длинные метчики, длинные развертки, плашки и другие виды специального инструмента, холодно-высадочные матрицы и пуансоны, технологическая оснастка
9XBG	Резбовые калибры, лекала сложной формы, сложные и точные штампы для холодных работ, которые при закалке не должны подвергаться значительным объемным изменениям и короблению
XVCTФ	Круглые плашки, развертки и другой режущий инструмент
9Г2Ф	Режущий и штамповый инструмент: плашки, метчики, ножи, ножницы, штампы для прессования резины и пластмасс, измерительный инструмент

Т а б л и ц а 24

Примерное назначение легированных инструментальных сталей для штампов холодного деформирования по ГОСТ 5950-73

Марка стали	Области применения
	<u>Стали повышенной износостойкости</u>
XI2, XI2BMФ	Холодные штампы высокой устойчивости против истирания простой формы, не подвергающиеся сильным ударам и толчкам, волочильные доски и волоки, матрицы и пуансоны вырубных штампов, секции кузовных штампов, не подвергающиеся значительным объемным изменениям при закалке, гибочные и формовочные штампы
XI2MФ, XI2ФI	То же, но когда требуется большая вязкость, профилировочные ролики сложных форм, сложные дыропрошивочные матрицы при формовке листового материала, эталонные шестерни, накатные плашки, волоки, матрицы и пуансоны совмещенных и последовательных штампов

Марка стали	Области применения
X6BΦ	<p>сложной конфигурации, инструмент для штамповки активной части электромашин</p> <p>Матрицы, пуансоны, зубонакатники, резбонакатной инструмент, инструмент для объемного выдавливания и высадки, ручные ножовочные полотна и бритвы, дереворежущий фрезерный инструмент</p>
8X6HΦT, 9X5BΦ	<p>Матрицы и пуансоны холодного прессования при давлении до 1400-1600 МПа, ножи для фрезерования древесины, строительные пилы, цельные фрезы и другой деревообрабатывающий инструмент</p>

Стали вторично твердеющие с высоким сопротивлением смятию

8X4B2C2MΦ	<p>Матрицы и пуансоны штампов холодного объемного деформирования, испытывающие в эксплуатации давление до 2300 МПа, резбонакатные ролики</p>
X5C4B2Φ2HM	<p>Тяжело нагруженные пуансоны сечением не более 20-25 мм для высадки и прессования при давлениях до 2600 МПа</p>
11X4B2MΦ3C2	<p>Вырубные штампы, в том числе для обработки холоднокатаных электротехнических сталей 3412 и 3413 спокр-тиями типа "Карлит", пуансоны и матрицы холодновысадочных автоматов, пуансоны и выталкиватели для холодного выдавливания при давлении до 2000 МПа в условиях повышенного износа и нагрева рабочих поверхностей до 400°C, шлице- и резбонакатной инструмент</p>

Стали высокопрочные повышенной вязкости

7X12BMΦ	<p>Штампы объемного деформирования и прецизионный вырубной инструмент сложной конфигурации, используемые при производстве изделий из цветных сплавов и малопрочных конструкционных сталей</p>
---------	---

Марка стали	Области применения
6ХЗМФС	Пуансоны, работающие с повышенными динамическими нагрузками, холодновысадочные штампы, штемпели, клейма, чеканочные штампы и некоторые слесарно-монтажные инструменты (взамен сталей марок 7ХЗ, 6ХВ2С)
6Х6ВЗМФС	Резьбонакатные ролики, зубонакатники, шлиценкатники, обрезающие матрицы и пуансоны и другие инструменты, предназначенные для холодной деформации металлов повышенной твердости, ножи трубообразующих машин и гильотинных ножей для резки высокопрочных сталей и сплавов; ножи, применяемые в деревообработке, шарошки для разрушения горных пород и пр.
6Х4М2Ф	Вырубной и высадочный инструмент (пуансоны, матрицы и пр.), ножи трубообразующих машин и гильотинных ножей и другой инструмент, работающий в условиях значительных динамических нагрузок при давлениях до 1500 МПа

Т а б л и ц а 25

Области рационального использования штамповых сталей для холодного деформирования

Операция	Вид инструмента	Условия работы	Рекомендуемые стали	Твердость
Вырубка, профилирование, обсадка	Пуансоны	<u>Листовая штамповка</u>		
		Мягкие материалы, толщина листа, мм		
		до 1	Х6ВФ, 7ХГ2ММФ	59-62
		до 2	Х6ВФ, 7ХГ2ММФ	58-61
		до 3	Х6ВФ, 7ХГ2ММФ 9Х5ВФ	57-59

Опера-ция	Вид инстру-мента	Условия работы	Рекомендуемые стали	Твер-дость
Вырубка, пробивка, обрезка		Твердые материалы	X6BΦ, P6M5, P8M3, P12, X12	59-61
	Матрицы	Мягкие материалы, толщина листа, мм:		
		до 1	7X72BMΦ, X6BΦ,	60-62
		до 2	7XГ2BMΦ, X6BΦ,	59-61
до 3	X6BΦ, 9XBΦ, 7XГ2BMΦ, 6X4M2ΦC	57-59		
	Твердые материалы	X12M, P6M5, P8M3, X12	59-60	
Ножи	Мягкие материалы	7XГ2BMΦ, 8X6HΦT, X6BΦ, 6X3MΦC	58-56	
	Твердые материалы	6X6B3MΦC, 8X4B3M3Φ2, 6X4M2ΦC, 9X5BΦ	58-60	
Вытяжка	Пуансоны	Скорость вытяжки:		
		небольшая	У10, У11, X	60-63
		большая	I2, X12Φ1 (мож- но азотировать)	59-62
Матрицы	небольшая большая (нагрев до 400°С)	XBCΦ, X, 8X14B3M3Φ2 6X4M2ΦC P6M5, I1X4B2C2Φ3M	59-60	
			58-62	
			61-62	
<u>Объемная штамповка</u>				
Прессование (выдавливание)	Пуансоны	Давление, МПа:		
		до 1500	X6BΦ, У10, 9X5BΦ	59-60
		до 1700	X6BΦ, 9X5BΦ, 8X6HΦT	59-61
более 2000	P6M5, P12, P8M3, 8X4B2C2MΦ, I1X4B2C2Φ3M	61-63		
Выталкиватели		до 1500	X12MΦ, X12Φ1	58-60
		до 1700	6X4M2ΦC, X12MΦ	59-61
		более 2000	P6M5, P8M3, I1X4B2C2Φ3M	61-63

Опера-ция	Вид инстру-мента	Условия работы	Рекомендуемые Твер-стали	Твер-дость
Прессование (выдавливание)	Матрицы	до 1500	X12MΦ, X12Φ1, 9X5BΦ	56-58
		до 1700 более 2000	X12M, 8X4B3MΦ2 6X6B3MΦC 8X4B3M2Φ2, X12MΦ, 8X4B2C2MΦ, X5C4B2Φ2HM	56-58 56-58
Высатка	Пуансоны	Мягкие материалы	Y10, Y11, Y12 (Φ до 30 мм)	56-59
		Твердые материалы	7X3, 6X3MΦC (Φ более 30 мм) 6X4M2ΦC, 9X5BΦ, X12, X6BΦ, 6X3MΦC	56-59 58-61
	Матрицы	Мягкие материалы	Y10, X6BΦ. X12M	57-58
		Твердые материалы	6X6B3MΦC, 6X4M2ΦC, P6M5, P12, 8X4B2C2MΦ	58-62
Дорни-рование	Дорны	Мягкие материалы	X12Φ1, X12MΦ	62-63
		Твердые материалы	P6M5, P8M3, P12	62-64
Накатка	Накатные ролики	Мягкие материалы	7X12B3MΦ, 6X3MΦC, 9X5BΦ, X6ΦB	57-59
		Твердые материалы	6X6B3MΦC, X6BΦ, X12M, 6X4M2ΦC, 8X4B3M3Φ2	58-60
Чеканка	Пуансоны	Мягкие материалы	Y10A, 7X3, 6X3MΦC	57-59
		Твердые материалы	X6BΦ, 6X4M2ΦC, X12, 8X4B3M3Φ2	61-63
	Матрицы	Мягкие материалы	7X3, 7X12B3MΦ	57-59
		Твердые материалы	8X4B3M3Φ2, X12, 6X4M2ΦC	60-62

Примерное назначение легированных инструментальных сталей
для штампов горячего деформирования по ГОСТ 5950-73

Марка стали	Области применения
<u>Стали умеренной теплостойкости и повышенной вязкости</u>	
7ХЗ, 8ХЗ	Пуансоны и матрицы горячей высадки крепежа и заготовок из углеродистых и низколегированных сталей на ГKM, матрицы, пуансоны, выталкиватели для горячего прессования и выдавливания этих материалов на кривошипных прессах при мелкосерийном производстве; гибочные обрезающие и просечные штампы
5ХНМ	Молотовые штампы молотов с массой падающих частей свыше 3 т, прессовые штампы и штампы машинной скоростной штамповки легких цветных сплавов, блоки матриц для вставок ГKM, контейнеры гидравлических прессов
5ХНВ, 5ХГМ, 5ХНВС	Молотовые штампы с массой падающих частей до 3 т и блоки матриц ГKM при невысоких давлениях и разогреве рабочих частей до 400-450°C
4ХМФС	Для молотовых штампов с массой падающих частей до 3 т при деформации легированных конструкционных и нержавеющей сталей (вместо менее теплостойких сталей марок 5ХНМ, 5ХНВ); прессовый инструмент для обработки алюминиевых сплавов
5Х2МНФ	Крупногабаритные цельные штампы (со стороной до 600мм) для штамповки поковок из конструкционных сталей и жаропрочных сплавов на молотах и кривошипных прессах (вместо менее теплостойких сталей 5ХНМ и 5ХМФС). Зажимные и формирующие вставки, наборные и формирующие пуансоны для высадки тех же материалов на ГKM, ножи для горячей резки

Марка стали	Области применения
<u>Стали повышенной вязкости и теплостойкости</u>	
4X5MΦC	Мелкие молотовые штампы; крупные (диаметром более 200 мм) молотовые и прессовые вставки при деформировании конструкционных сталей и цветных сплавов
4X5B2ΦC	Пресс-формы под давлением легких цветных сплавов; молотовые и прессовые вставки при деформировании конструкционных сталей; инструменты для высадки заготовок из легированных конструкционных и жаропрочных материалов на ГKM
4X3BMΦ	Мелкие молотовые штампы, молотовые и прессовые вставки инструмента ГKM и инструмент для высокоскоростной машинной штамповки конструкционных сталей
3X3M3Φ	Интенсивно охлаждаемый инструмент горячего деформирования на прессах ГKM, в том числе быстроходных; пресс-формы литья под давлением медных сплавов
4X4BMΦC	Инструмент высокоскоростной машинной штамповки и высадки на ГKM, вставки штампов для деформирования высокопрочных сталей и жаропрочных сплавов на гидравлических и кривошипных прессах (вместо менее теплостойких сталей марок 4X5B2ΦC, 4X5MΦC, 4X3BMΦ), пресс-формы литья под давлением медных сплавов
<u>Стали высокой теплостойкости</u>	
3X2B8Φ	Инструмент горячего прессования медных сплавов, пресс-формы литья под давлением медных сплавов
4X2B5MΦ	Тяжело нагруженный прессовый инструмент, мелкие вставки окончательного штампового ручья, знаки матриц и пуансонов для выдавливания, иглы для прошивки труб при деформировании высокопрочных и жаропрочных сталей и сплавов

Марка стали	Области применения
4Х2В2МФС 5Х3В3МФС	Тяжело нагруженный прессовый инструмент (прошивные и формирующие пуансоны и т.п.), инструмент для высадки на ГММ и вставки матриц напряженных конструкций для горячего деформирования высокопрочных сталей, жаропрочных титановых и медных сплавов

Т а б л и ц а 27

Области рационального использования штамповых сталей
для горячего деформирования [6, 8, 9]

Вид инструмента	Условия работы	Рекомендуемые стали	Твердость, НRC
<u>Штамповка на молотах, черновая штамповка</u>			
Блоки цельные к молотам с массой падающих частей, т:	Нагрев до 400-450°C	5ХНВ, 4ХМФС	46-50
		5ХНМ, 5ХНВС, 5Х2МНФ	40-44
		5ХГМ, 5ХНВС	36-38
		3Х2НМФ, 5Х2МНФ, 27Х2НМФ	35-36
Блоки для вставок:	Нагрев до 450-600°C	5ХНМ, 27Х2НМФ, 4Х5МФС	42-46
		4Х5МФС, 4Х5В2ФС, 4ХМФС, 4Х3ВМФ	36-44
Пуансоны для безоблойной штамповки	Нагрев до 600-750°C	4Х5МФС, 4Х5В2ФС, 4Х2В2МФС, 2Х6В8М2К8	41-46
Выталкиватели	Нагрев до 300°C	7Х3, 8Х3, 6Х3ФС	45-50

Вид инструмента	Условия работы	Рекомендуемые стали	Твердость, HRC
<u>Прессование на кривошипных прессах, обработка на ГМ</u>			
Пуансоны и матрицы	Цветные и мягкие материалы, нагрев до 500°C	4X5MΦC, 4X4BMΦC	45-50
		5XTM, 5XHB, 3X3MΦ	42-46
Крупные матрицы (бандажи, контейн)	Нагрев до 400-450°C	4X3MΦC, 3X2HMΦ 27X2H2MBΦ	35-42
Матрицедержатели	Нагрев до 330-350°C	5XTM, 5XHB	40-54
Пуансоны для прошивки алюминия и нелегированных сталей	Нагрев до 500-620°C	4X5MΦC, 4X4BMΦC 4X2B5ΦM	46-5I
То же титана, нержав. сталей, сплавов на основе меди и никеля	Нагрев до 700-750°C и выше	5X3B3MΦC, 2X6B8M2K8	47-5I
Матрицы для прессования титана, нержав. сталей, сплавов на основе меди	Нагрев выше 750°C	2X6B8M2K8, аустенитные стали и сплавы	44-46

Прессование на гидравлических прессах алюминиевых сплавов

[3]

Контейнеры	Нагрев до 300-400°C	5XHM, 5XHB, 3X2MHΦ	38-42
Втулки контейнеров	Нагрев до 400-500°C $p < 800$ МПа $p \geq 800$ МПа	5XHB, 3X2MHΦ, 4XMΦC	40-46
		4X5MΦC, 4X5B2Φ2C, 4X4BMC	46-49
Матрицы, пресс-штемпели, пресс-шайбы	То же $p < 800$ МПа $p > 800$ МПа	4XB2C, 3XB4CΦ, 4X4BMΦC	47-50
		4X4BMΦC, 3X3M3Φ, 4X2B2MΦC	47-50
Иглы	То же $d \geq 40$ мм $d < 40$ мм	4X5B2ΦC, 3XB4CΦ	44-50
		4X2B5ΦM, 3X2B8Φ	44-50

Вид инструмента	Условия работы	Рекомендуемые стали	Твердость, HRC
<u>Прессование на быстроходных прессах, высокоскоростная штамповка</u>			
Штамповые инструменты небольших размеров	Нагрев до 550°C интенсивное охлаждение	3Х3М3Ф, 4Х3ВМФ, 4Х5МФС 4Х4ВМФС	44-46 44-48 44-46
		<u>Накатка</u>	
Накатники	Нагрев до 650-750°C динамические нагрузки	4Х4ВМФС 5Х3В3МФС 2Х6ВВМ2К8	50-52 50-52
		<u>Горячая рубка и резка</u>	
Ножи и пилы	Нагрев до 300°C до 600°C выше 600°C	7Х3, 8Х3, 6Х3МФС 4Х4ВМФС, 4Х5В2ФС, 4Х5МФС	50-54 48-52
		наплавка теплоустойчивых сплавов на 5ХНМ, 4Х5МФС	52-53
<u>Литье под давлением</u>			
Пресс-формы литья цинковых сплавов, магния и алюминия, медных сплавов	Нагрев до 400°C выше 400°C выше 700°C	4Х5МФС, 4Х4ВМФС 2Х9В6 4Х5МФС, 2Х9В6 2Х9В6, 3Х3М3Ф, 2Х6ВМ2К8	45-49 44-50 38-42 40-43

Т а б л и ц а 28

Примерное назначение быстрорежущих сталей
по ГОСТ 19265-73

Марка стали	Назначение
P18	Для всех видов режущего инструмента при обработке углеродистых сталей и легированных конструкционных сталей
P9	Для инструментов простой формы, не требующих большого объема шлифовки, для обработки конструкционных материалов

Марка стали	Назначение
P6M5	То же, что и для P18, предпочтительно для резьбо-нарезного инструмента и инструмента, работающего с ударными нагрузками
IIP3AM3Ф2	Для инструмента простой формы при обработке углеродистых и малолегированных сталей с прочностью до 784 МПа
P6M5Ф3	Для чистовых и получистовых инструментов (фасонные резцы, развертки, протяжки, фрезы и т.д.) при обработке конструкционных сталей
PI2Ф3	Для чистовых инструментов при обработке вязкой аустенитной стали и материалов, обладающих абразивными свойствами
PI8K5Ф2	Для черновых, получистовых инструментов при обработке высокопрочных нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов
P9K5	Для обработки нержавеющей сталей и жаропрочных сплавов, а также сталей повышенной твердости
P6M5K5	Для черновых и получистовых инструментов при обработке улучшенных легированных сталей, а также нержавеющей сталей
P9M4K8	Для различных инструментов при обработке высокопрочных, жаропрочных и нержавеющей сталей и сплавов, а также улучшенных легированных сталей
P2AM9K5	Для инструментов при обработке улучшенных легированных, а также нержавеющей сталей

Т а б л и ц а 29

Области применения твердых сплавов (ГОСТ 3682-74)

Марки	Применение
	<u>Для обработки материалов взаимем</u>
BK3	Чистовая обработка с малым сечением среза (точение,

Марки	Применение
ВКЗ-М	развертывание, окончательное нарезание резьбы и пр.) чугунов, цветных сплавов и неметаллов, резка стекла То же легированных и отбеленных чугунов, закаленных сталей, высокоабразивных неметаллов
ВК4	Черновое точение и зенкерование, черновое и чистовое фрезерование, растачивание, рассверливание чугуна, титановых сплавов
ВК6-ОМ	Чистовая и получистовая обработка отбеленных чугунов, закаленных сталей, сплавов титана, вольфрама и молибдена
ВК6-М	Получистовая обработка тех же материалов, твердой бронзы, абразивных неметаллов, пластмасс, а также сырых сталей на малых скоростях резания
ТТ8К6	Чистовая и получистовая обработка чугунов, точение стального литья, закаленных и нержавеющей сталей с малой глубиной
ВК6	Черновое и чистовое точение, предварительное нарезание резьбы, получистовое фрезирование и растачивание серого чугуна, неметаллов
ВК8	Черновое прерывистое точение, фрезерование, строгание, сверление тех же материалов, обработка жаропрочных и титановых сплавов
ВК10-ОМ	Черновая и получистовая обработка тех же материалов, что и ВК6-ОМ
ВК10-М	Сверление, зенкерование, развертывание, зубофрезерование стали, чугуна, неметаллов и некоторых труднообрабатываемых материалов
ВК15	Обработка дерева
ТЗ0К4	Чистовое точение с малым сечением среза, нарезание резьбы и развертывание незакаленных и закаленных сталей

Марки	Применение
Т15К6	Получистовое непрерывное и чистовое прерывистое точение, нарезание резьбы, получистовое и чистовое фрезерование, рассверливание, растачивание, развертывание сталеЙ
Т14К8	Черновое непрерывное, получистовое и чистовое прерывистое точение, черновое фрезерование и рассверливание литых и кованных отверстий, черновое зенкерование - при обработке сталеЙ
Т5К10	Черновое прерывистое и фасонное точение, обработка, чистовое строгание, черновое фрезерование стальных отливок и поковок по корке и окалине
Т5К12	Тяжелое черновое точение стальных поковок и отливок по корке с раковинами и песком при наличии ударов, все виды строгания, сверления глубоких отверстий в стали
ТТ20К9	Фрезерование, в том числе глубоких пазов, и другие обработки, требующие большого сопротивления тепловым и механическим нагрузкам
<u>Для бесстружковой обработки металлов</u>	
ВК3, ВК3-М, ВК4, ВК6	Сухое волочение проволоки из стали, цветных металлов и сплавов при небольшой степени обжатия
ВК8	Волочение, калибровка и прессование прутков и труб из стали, цветных металлов и сплавов
ВК10	Волочение, калибровка и прессование прутков и труб из стали цветных металлов и сплавов при средней степени обжатия
ВК15	Волочение и прессование прутков и труб из стали при повышенной степени обжатия, штамповка, высадка, обрезка, вытяжка углеродистых сталеЙ при ударных нагрузках малой интенсивности
ВК20	Инструменты для штамповки, высадки, обрезки сталеЙ при ударных нагрузках средней и высокой интенсивности

Марки	Применение
ВК10-КС	Инструменты для штамповки, высадки, вытяжки легированных и специальных сталей при ударных нагрузках малой интенсивности
ВК20-КС	Инструменты для штамповки, высадки, обрезки легированных и специальных сталей и сплавов при ударных нагрузках средней интенсивности
ВК20К	Инструменты для объемной штамповки и высадки при обычной и повышенной температуре углеродистых легированных и специальных сталей при ударных нагрузках высокой интенсивности

5. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СТАЛИ И ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ

1. Нелегированные (углеродистые) инструментальные стали по ГОСТ 1435-74 подразделяют по назначению на 5 групп, отличающиеся содержанием остаточных примесей (*Сг, Ni, Cu*) (см. табл. I). По качеству поверхности металлопродукция из этой стали делится на две группы: ОГ — для горячей обработки давлением, ОХ — для холодной механической обработки.

2. Легированные инструментальные стали по ГОСТ 5950-73 делятся на две группы:

I — для изготовления инструмента, используемого при обработке металлов и других материалов в холодном состоянии;

II — для изготовления инструмента, используемого в основном для обработки металлов давлением при температуре выше 300°C.

Металлопродукцию из этой стали I и II групп по способу дальнейшей обработки делят на две подгруппы: а — для горячей обработки давлением, б — для холодной механической обработки. По состоянию поверхности подгруппу "б" делят на: 0 — обычного качества, II — повышенного качества.

3.Metalлопродукция из быстрорежущей стали по ГОСТ 19265-73 по макроструктуре и карбидной неоднородности делится на 2 группы:

I - диаметром или толщиной от 80 до 200 мм,

2 - диаметром или толщиной до 150 мм.

По способу дальнейшей обработки ее подразделяют на подгруппы: а - для горячей обработки давлением, б - для холодной механической обработки.

4. Указанные выше ГОСТы регламентируют химический состав, глубину безуглероденного слоя, качество поверхности, величину зерна аустенита в закаленном состоянии, твердость в отожженном состоянии и после закалки, качество макроструктуры, микроструктуру, карбидную неоднородность и остатки карбидной сетки, вид излома и пр.

5. По форме, размерам и отклонениям от них металлопродукция из указанных сталей должна соответствовать требованиям стандартов:

сталь кованая круглого и квадратного сечений толщиной от 4 до 200 мм - ГОСТ 1133-71;

сталь горячекатаная круглого сечения диаметром от 5 до 200 мм - ГОСТ 2590-88;

сталь горячекатаная квадратного сечения толщиной от 5 до 200 мм - ГОСТ 2591-71;

сталь горячекатаная шестигранного сечения толщиной от 5 до 200 мм (для нелегированной стали) - ГОСТ 2879-88;

сталь полосовая толщиной от 4 до 60 мм и шириной от 11 до 200 мм - ГОСТ 103-76; 4405-75;

сталь калиброванная круглого, квадратного и шестигранного сечений - ГОСТ 7417-75; 8559-75; 8560-78;

сталь со специальной отделкой поверхности (серебрянка) диаметром от 1 до 25 мм - ГОСТ 14955-77 и пр.

6. Примеры условных обозначений металлопродукции.

Сталь горячекатаная круглая диаметром 20 мм, обычной точности прокатки В по ГОСТ 2590-88, марки У8А, 5-й группы, балл прокаливаемости 3, для холодной механической обработки

кр.г 20-В-ГОСТ 2590-88
У8А-5-3-ОХ-ГОСТ-1435-74

Сталь горячекатаная квадратного сечения толщиной 40 мм по ГОСТ 2591-71, марки ОХС

заготовка квадрата 40 ГОСТ 4693 - 77
98ХС ГОСТ 5950 - 73

Сталь горячекатаная, круглая, повышенной точности прокатки диаметром 40 мм по ГОСТ 2590-71, марки Р18, 2-й группы, подгруппы "а"

круг 40 - Б ГОСТ 2590 - 71
Р18 - II - а ГОСТ 19265 - 73

7. ГОСТ 3882-74 на твердые спеченные сплавы регламентирует массовую долю компонентов в смеси порошков и основные физико-механические свойства (предел прочности при изгибе, плотность и твердость) различных марок. Форма, размер пластин и отклонения от них регламентируются ГОСТ 2209-82; 17163-82; 4872-75 и другими нормативными документами (ОСТы, ТУ и пр.).

Библиографический список

1. Башнин Ю.А., Ушаков Б.К., Секей А.Г. Технология термической обработки. М.: Металлургия, 1986. 424 с.

2. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. М.: Металлургия, 1975. 584 с.

3. Ерманок М.З., Коган Л.С., Головинов М.Ф. Прессование труб из алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1976. С. 168-175.

4. Металловедение и термическая обработка: Справочник. Т. II /Под ред. М.Л.Бернштейна и А.Г.Рахштадта. М.: Металлургия, 1983. С. 298-318.

5. Позняк Л.А., Скрынченко Ю.М., Тишаев С.И. Штамповые стали. М.: Металлургия, 1980. 243 с.

6. Позняк Л.А., Тишаев С.И., Скрынченко Ю.М. Инструментальные стали: Справочник, М.: Металлургия, 1977. 168 с.

7. Производство полуфабрикатов из алюминиевых сплавов: Справочник /Под ред. А.Ф.Белова и Ф.И.Квасова. М.: Металлургия, 1985. С. 299-302.

8. Термическая обработка в машиностроении: Справочник /Под ред. Е.М.Лахтина и А.Г.Рахштадта. М.: Машиностроение, 1980. С. 718-760.

9. Тылкин М.А. Справочник термиста ремонтной службы. М.: Металлургия, 1981. С. 285-346.

10. Штампы для горячего деформирования металлов /Под ред. М.А.Тылкина. М.: Высшая школа, 1977. 496 с.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СТАЛИ И СПЛАВЫ

Составитель М о р з о в Николай Петрович

Редактор Т.К.К р е т и н и н а
Техн. редактор Г.А.У с а ч е в а
Корректор Т.И.К у з н е ц о в а

Подписано в печать 10.01.91 г. Формат 60x84^I/₁₆^{*}
Бумага оберточная. Печать офсетная. Усл.печ.л. 2,8.
Усл.кр.-отт. 2,9. Уч.-изд.л. 2,6. Тираж 400 экз.
Заказ № 235. Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева.
443086 Куйбышев, Московское шоссе, 34.

Типография им. В.Л.Мяги Куйбышевского полиграфического
объединения. 443099 Куйбышев, ул. Бенцева, 80.