

## ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ СТАЛИ РЕЗАНИЕМ

Обработка резанием деталей из стали 20ХНЗА сопряжена со значительными затруднениями вследствие случайных отклонений ее физико-механических свойств от требуемых после термической обработки. Целью данной работы являлось исследование влияния термической обработки, условий ее проведения и полученных при этом физико-механических характеристик материалов на обрабатываемость резанием.

Все заготовки были изготовлены из одной партии металла. После термической обработки из них вырезались образцы для определения микроструктуры и испытаний на растяжение и ударную вязкость. Режимы термообработки и полученные при этом механические свойства и микроструктура образцов приведены в табл. 1.

Обрабатываемость стали 20ХНЗА исследовалась при поперечном точении образцов  $\varnothing$  105 мм на токарно-винторезном станке мод. 1616 без применения охлаждающей жидкости на режиме:  $t = 0,25$  мм,  $s = 0,08$  мм/об,  $v = 30$  м/мин. Резцы из быстрорежущей стали Р6М5 с геометрическими параметрами  $\gamma = 10^\circ$ ,  $\alpha = 12^\circ$ ,  $\varphi = 60^\circ$ ,  $\varphi_1 = 15^\circ$ ,  $\lambda = 0^\circ$  были отобраны из одной партии. Через каждые 4, 3 мин резания измерялась ширина фаски износа резца на задней поверхности.

Исследования показали, что микроструктура материала получается самая различная: феррит + перлит пластинчатый (Ф + П пл.), феррит + перлит пластинчатый + перлит зернистый (Ф + П пл. + П зерн.), бейнит + феррит (Б + Ф), бейнит + феррит + перлит (Б + Ф + П). Это не может не сказаться на обрабатываемости данных заготовок.

Выявлен значительный разброс твердости материала заготовок, причем на твердость наибольшее влияние оказывает способ охлаждения заготовок, а не температура нагрева и время выдержки. Наименьшая твердость заготовок (НВ 170...187) получилась при охлаждении их вместе с печью до  $500^\circ\text{C}$ , затем на воздухе. Большой разброс наблюдался при охлаждении на спокойном воздухе, но в целом уровень твердости был значительно выше (НВ 229...269). Самую высокую твердость имели заготовки, охлаждавшиеся в струе воздуха (НВ 241...285).

Необходимо отметить, что обрабатываемость не зависит однозначно от твердости заготовок. Даже при одной и той же твердости заготовки могут иметь различную обрабатываемость. Например, при твердости НВ 179 износ резцов колебался от 0,1 до 0,25 мм, при НВ 269 — от 0,11 до 0,27 мм. Время выдержки в допустимых технологией термообработки пределах практически не влияет на обрабатываемость стали 20ХНЗА.

На ЭВМ "Минск-32" проведены дисперсионный и регрессионный анализы обработки стали в зависимости от температуры нагрева, времени выдержки, способа охлаждения, микроструктуры, твердости, предела прочности, относи-

Таблица 1

№ образцов	Температура нагрева T, °C	Время выдержки t, ч	Способ охлаждения	Микроструктура	Твердость НВ <sub>5/750</sub>	Предел текучести $\sigma_s$ , МПа	Действ. предел прочности S <sub>b</sub> , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Относительное сужение $\psi$ , %	Ударная вязкость a <sub>K</sub> , кДж/м <sup>2</sup>	Средний износ h <sub>ср</sub> , мм
100-104	840	6	С печью	Ф + П пл., полосчатая	179	412	764	28,0	64,0	1617	0,24
105-109	860	6	до 500 <sup>0</sup> С,	тая	179	441	739	28,0	64,0	1764	0,20
115-119	980	6	затем на	—''—	179	—	780	28,0	51,0	—	0,17
120-124	840	8	воздухе	—''—	179	431	1007	26,0	64,0	1617	0,25
125-129	860	8	—''—	—''—	170	446	740	24,0	46,0	931	0,14
135-139	880	8	—''—	—''—	179	422	775	32,0	64,0	1911	0,12
140-144	840	10	—''—	Ф+Ппл. + П зерн.10%	179	431	739	28,0	64,0	1862	0,13
145-149	860	10	—''—	Ф + П пл., полосчатая	187	431	800	30,0	59,0	1764	0,26
155-159	880	10	—''—	—''—	179	431	799	28,0	64,0	1470	0,13
200-204	840	6	В струе	—''—	260	—	1178	21,0	42,2	980	0,10
205-209	860	6	воздуха	Б + Ф	285	—	1132	19,0	36,0	902	0,08
215-219	880	6	—''—	—''—	269	—	1040	24,0	42,2	853	0,11
220-224	840	8	—''—	—''—	269	—	1142	19,0	36,0	902	0,16
225-229	860	8	—''—	—''—	269	—	1162	20,0	39,2	853	0,13
235-239	880	8	—''—	—''—	269	—	1110	24,0	45,2	1000	0,11
240-244	840	10	—''—	—''—	285	—	1153	19,0	36,0	735	0,13
245-249	860	10	—''—	—''—	255	—	990	20,0	42,2	951	0,24
255-259	880	10	—''—	—''—	285	—	1208	24,0	39,2	784	0,14
300-304	840	6	На спокой-	—''—	241	—	1023	24,0	44,0	1078	0,13
305-309	860	6	ном возду-	Б + Ф + П пл.	241	—	1028	24,0	46,0	1078	0,10
315-319	880	6	хе	Б + Ф	255	—	1023	22,0	39,2	1431	0,19
320-324	840	8	—''—	—''—	269	—	1110	21,0	36,0	951	0,11
325-329	860	8	—''—	—''—	255	—	945	20,0	39,2	1147	0,24
335-339	880	8	—''—	—''—	269	—	1138	24,0	42,2	853	0,17
340-344	840	10	—''—	—''—	255	716	1065	19,0	50,0	980	0,16
345-349	860	10	—''—	П + Ф + Б	229	—	992	26,0	42,2	1000	0,20
355-359	880	10	—''—	Б + Ф	255	—	1051	22,5	39,2	804	0,12

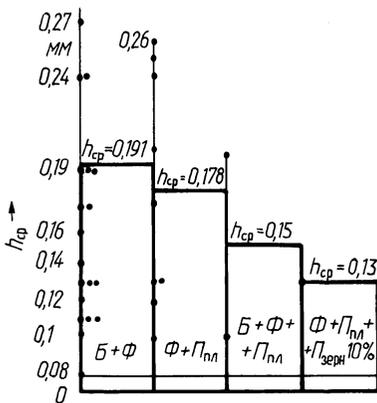


Рис. 1. Зависимость износа резцов от микроструктуры заготовок

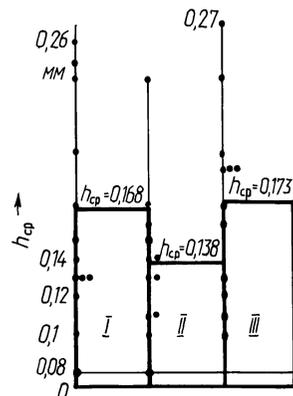


Рис. 2. Зависимость износа резцов от способа охлаждения заготовок:

I — охлаждение с печью до 500 °С, затем на воздухе; II — охлаждение в струе воздуха; III — охлаждение на спокойном воздухе

тельного удлинения и относительного сужения, ударной вязкости. Установлено, что температура нагрева и время выдержки в допустимых пределах, а также ударная вязкость в относительно малой степени влияют на износ резцов. Более тесные связи установлены между износом резцов и скоростью охлаждения заготовок, твердостью, действительным пределом прочности, относительным удлинением, относительным сужением и структурой материала.

Известно, что мягкие стали ферритного класса с содержанием П в структуре около 20 % обладают наилучшей обрабатываемостью. При большем содержании Ф возможна хорошая обрабатываемость резанием при условии некоторого снижения пластичности путем предварительной холодной обработки. С другой стороны, стали с повышенным содержанием П в структуре характеризуются более высоким сопротивлением деформации, но в ряде случаев сопротивление их резанию заметно не изменяется, поскольку некоторые динамические характеристики процесса резания изменяются в сторону улучшения. Вместе с тем стойкость инструмента снижается в связи с увеличением доли твердого цемента, т.е. обрабатываемость резанием ухудшается. Исследованиями установлено, что если не учитывать скорость охлаждения, то худшей обрабатываемостью (рис. 1) из всех полученных структур обладает структура Б + Ф. Однако обрабатываемость структурных составляющих в значительной мере зависит от скорости охлаждения заготовок (рис. 2). Например, при обработке структуры Б + Ф, получившейся при охлаждении на спокойном воздухе, средний износ резцов  $h_{cp} = 0,177$  мм (табл. 1), а при обработке той же структуры, полученной при охлаждении в струе воздуха,  $h_{cp} = 0,138$  мм (рис. 2).

Хорошую обрабатываемость ( $h_{cp} = 0,13$  мм) показала структура Ф + П пл. + П зерн. 10 %. Но она была получена только на одном из 36 проводимых режимов термообработки.

Из полученных результатов можно сделать вывод, что обрабатываемость стали 20ХН3А оказывается лучшей у заготовок, прошедших после нагрева под нормализацию охлаждение в струе воздуха. Полученная при этом структура Б + Ф достаточно стабильна и хорошо обрабатывается резанием при низкой скорости резания.

В ы в о д ы. 1. Экспериментально установлено, что время выдержки оказывает весьма малое влияние на твердость и обрабатываемость заготовок резанием, поэтому можно рекомендовать уменьшить время выдержки с 8 до 6 ч.

2. На обрабатываемость резанием значительное влияние оказывают скорость охлаждения заготовок, твердость, действительный предел прочности, относительное сужение и структура материала.

3. Самые стабильные результаты по структуре и обрабатываемости стали 20ХН3А дает охлаждение заготовок в струе воздуха.

4. Из всех полученных структур лучшей обрабатываемостью при охлаждении на спокойном воздухе обладает структура феррит + перлит пластинчатый + перлит зернистый 10 %.

5. Наиболее стабильной и часто встречающейся структурой при охлаждении в струе воздуха является структура бейнит + перлит, и ее обрабатываемость в этом случае сопоставима с вышеуказанной.

6. В зависимости от скорости охлаждения обрабатываемость разных структурных составляющих различна.

## **Г л а в а V. ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ УПРОЧНЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

*УДК 621.793.7 (045)*

**М.А.КАРДАПОЛОВА, Н.В.СПИРИДОНОВ, канд.  
техн. наук, О.Н.СТАТКЕВИЧ (БПИ)**

### **ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ САМОФЛЮСЮЩИХСЯ СПЛАВОВ**

Использование самофлюсующихся твердых сплавов системы Ni—Cr—B—Si позволяет получить практически любое сочетание свойств покрытий (твердость, износостойкость, стойкость к коррозии, к кавитации и др.). Сплавы этого типа наносятся на рабочие поверхности деталей машин наплавкой, плазменным или газопламенным напылением.

Наиболее прогрессивно и экономично наносить покрытия из самофлюсующихся твердых сплавов системы Ni—Cr—B—Si газопламенными горелками с использованием ацетиленокислородного пламени. После нанесения покрытия целесообразно его нагреть вторично до температур, близких к температуре