

**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ  
И ИСХОДНОЙ СТРУКТУРЫ ОБРАБАТЫВАЕМОГО  
МАТЕРИАЛА НА НАЛИЧИЕ И ПОЛНОТУ ФАЗОВЫХ  
ПРЕВРАЩЕНИЙ В СТРУЖКЕ**

Н. И. ХОВАХ

(Представлена объединенным научным семинаром кафедр станков и резания металлов  
и технологии машиностроения)

Фазовым превращениям на обратной поверхности при точении и шлифовании закаленных сталей посвящен ряд специальных работ, в которых на поверхности обработанной детали обнаружен тонкий нетравящийся «белый слой», состоящий из мартенсита и остаточного аустенита. Как известно из работ [1], [2], [3], при определенных условиях резания закаленных сталей «белый слой» может наблюдаться и в тонком прирезцовом слое стружки. В результате металлографических исследований прирезцового «белого слоя» стружки при точении закаленной стали Т. Н. Лоладзе [3] считает, что «белый слой» является слоем вторичной закалки и состоит из мартенсита, остаточного аустенита и нерастворившихся карбидов. К такому выводу пришли и другие авторы [1], [2], [4].

Настоящие исследования, проведенные при точении закаленной стали ШХ-15, совпадают с данными Т. Н. Лоладзе [3] и еще раз подтверждают, что «белый» нетравящийся слой стружки является результатом вторичной закалки и имеет аустенитно-мартенситную структуру и по классификации К. В. Савицкого [5] должен быть отнесен к слоям первого типа. Так как наши исследования проведены в широком диапазоне изменения твердости обрабатываемого материала и режимов резания, появилась возможность определить не только наличие (металлографическим методом), но и полноту фазовых превращений в прирезцовом слое стружки при помощи рентгеноанализа.

Анализ более 200 микрошлифов стружек, полученных при точении на различных подачах, скоростях резания и передних углах резца закаленной и отпущенной до разной твердости стали ШХ-15 в сопоставлении с температурой резания позволил заключить, что в прирезцовом слое стружки фазовые превращения имеют место при температуре резания более 980—1000°C.

Рентгеноанализ прирезцового слоя стружек всех исходных структур подтвердил правильность металлографических исследований. В тех случаях, где на микрофотографиях виден «белый слой», рентгенограммы обнаруживают на поверхности прирезцовой стороны стружки закалочную структуру со значительным количеством остаточного аустенита. Результаты металлографических и рентгеноструктурных исследований ряда стружек и режимы, при которых они получены, представлены в табл. 1.

Изменение процентного содержания остаточного аустенита и твердости стружки в зависимости от основных параметров процесса резания

№ пп.	№ опыта	Исходная твердость НВ кг/мм <sup>2</sup>	Скорость резания V м/мин	Подача s мм/об	Передний угол реза γ°	Температура резания Т°С	Усадка стружки %	Наличие белого слоя	% остаточного аустенита	Твердость прирезцового слоя	Твердость основной массы стружки	Коэффициент трения μ
1	128	1197	130	0,552	0	980	1,8	+	15	442	386	0,3
2	405	250	118	0,522	-10	1000	1,4	+	15	556	457	0,26
3	286	250	129	0,522	0	1070	1,6	+	40	516	457	0,3
4	238	250	9,3	0,072	0	400	2,13	-	0	-	-	0,42
5	639	300	102	0,522	0	1080	1,2	+	43	564	424	0,3
6	487	300	37,8	0,522	-10	960	1,5	-	0	452	-	0,3
7	765	350	129	0,222	+10	1170	1,42	+	37	604	463	0,56
8	809	350	111	0,222	-10	1190	1,22	+	17	564	520	0,27
9	873	400	112	0,222	+10	1050	1,3	+	43	580	550	0,53
10	935	400	54,5	0,522	0	1040	1,18	+	37	540	535	0,35
11	1093	500	44	0,334	-10	1230	1,35	+	37	594	590	0,56
12	1064	500	67	0,334	0	1100	1,2	+	60	557	538	0,33
13	1061	500	17	0,334	0	900	1,55	-	0	-	-	0,42

На рис. 1 представлена фотография микрошлифа боковой стороны стружки, полученной в опыте № 639 при точении стали с исходной твердостью НВ-300 кг/мм<sup>2</sup>. Температура резания была 1080°С. В прирезцовом слое стружки виден «белый слой», а расшифровка рентгенограммы, представленная на рис. 2а, показала наличие примерно 43% остаточного аустенита. Аналогичное соответствие получено для всех остальных опытов.

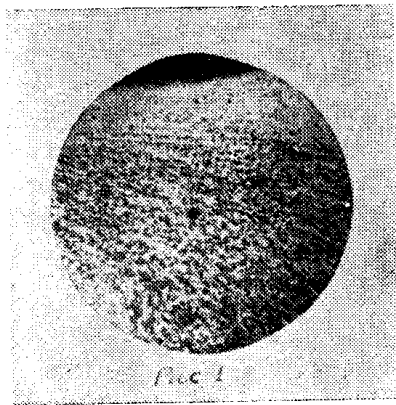


Рис. 1.

В опыте № 487 и № 1061 температура резания соответственно равна 960°С и 900°С, что выше температуры аустенитных превращений для стали ШХ-15 при нормальной скорости нагрева. Однако рентгенографически в данных опытах обнаружены только следы аустенита. Это, по нашему мнению, связано с тем обстоятельством, что при увеличении скорости нагрева интервал аустенитных превращений двигается в область более высоких температур [6], и поэтому данные температуры являются

недостаточными для сколько-нибудь значительного превращения в  $\gamma$ -фазу.

Ряд исследователей [7], [8], [9] отрицает возможность фазовых превращений в стружке, объясняя невозможность их протекания, главным образом, большой скоростью нагрева. Данными исследованиями объективно установлено, что указанная точка зрения ошибочна. Большая скорость нагрева повышает критический интервал температур, но не исключает возможность фазовых превращений, которые происходят в прирезцовом слое стружки.

Как следует из рентгенограмм, полученных после сошлифовки прирезцового слоя стружки, в основном ее массе изменений фазового состава не происходит, и рентгенограмма основной массы стружек (рис. 2б) аналогична рентгенограмме исходной структуры (рис. 2в).

Структурным превращениям при резании металлов способствует пластическая деформация металла, переходящего в стружку, происходящая в зоне стружкообразования и зоне контакта стружки с перед-

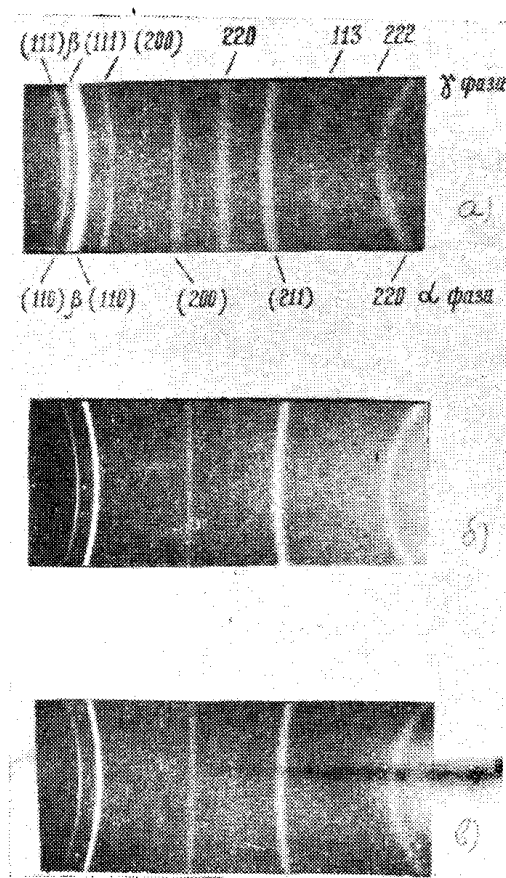


Рис. 2.

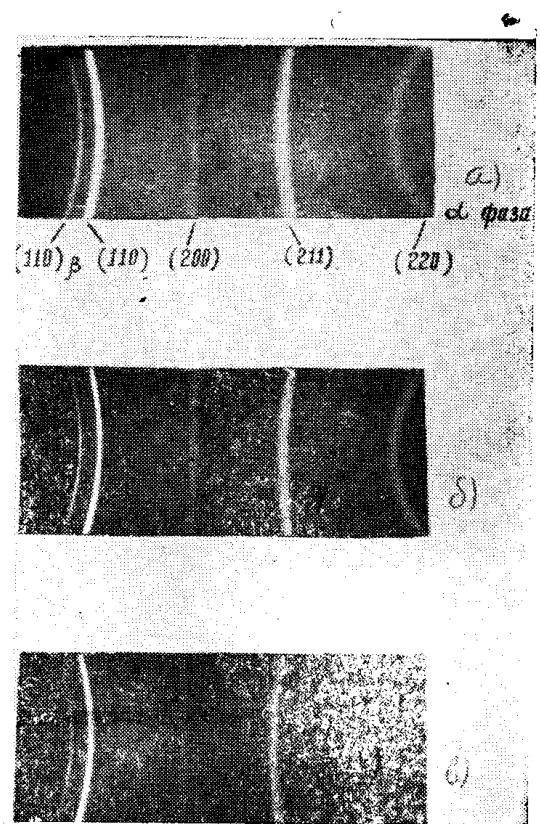


Рис. 3.

ней гранью инструмента (вторичная деформация прирезцового слоя). Значит деформация, качественным показателем которой может служить усадка стружки, должна уменьшить количество мартенсита, образующегося при охлаждении, а значит повысить процентное содержание аустенита в прирезцовом слое стружки. Как видно из табл. 1, количество остаточного аустенита находится в определенной зависимости от усадки стружки и коэффициента трения стружки о переднюю грань резца  $\mu$ , который в какой-то мере характеризует величину вторичной деформации. Чем больше усадка стружки и коэффициент трения, тем

больше остаточного аустенита при точении одной и той же исходной структуры (опыты № 405 и 286, 765 и 809, 837 и 935). Исключение из этой закономерности составляют опыты №№ 1093 и 1064. Причиной этого, по нашему мнению, является достаточно большая разница температур в сравниваемых опытах при их высоких абсолютных значениях. В опыте № 1093 температура резания достигала 1250°C, что, вероятно, находится выше порога рекристаллизации аустенита. В этом случае дефектность (плотность дислокаций) структуры уменьшается, несмотря на большие формоизменения (усадка стружки), и количество остаточного аустенита, естественно, сокращается.

Помимо режимов резания на вероятность появления слоя вторичной закалки оказывает влияние и исходная твердость (структура) стали, так как температурный интервал аустенито-образования существенным образом зависит от исходной структуры стали [6]. Чем выше твердость исследуемой стали ШХ-15, тем температура предварительного отпуски была ниже, а дисперсность структуры выше (мельче карбиды), и аустенитный переход произойдет легче, т. е. при меньших температурах. Повышение критической температуры и уменьшение температуры резания (при тех же режимах) с уменьшением твердости стали ШХ-15 является причиной того, что вероятность появления белого слоя оказывается меньшей при точении более мягкой стали. Наличие остаточного аустенита в «белом» прирезцовом слое стружки в случае обработки менее благоприятных в этом отношении структур объясняется очень высокими температурами резания, которые превышают критические для данной структуры и скорости нагрева.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Силантьев. О повышении производительности при поперечном фазонном точении закаленной стали ШХ-15. В кн. Новые исследования в области обработки металлов резанием, Машгиз, М., 1967.
2. Б. А. Игнатов. Исследование сверления закаленных сталей. Автореферат диссертации, 1956.
3. Т. Н. Лоладзе. Износ режущего инструмента, Машгиз, 1958.
4. А. А. Маслов. Исследование точения закаленных сталей. Диссертация, 1954.
5. К. В. Савицкий, Ю. И. Коган. О природе белых слоев, АН СССР, Физика металлов и металловедение, т. 15, вып. 5, 1963.
6. В. Н. Гриднев и др. Фазовые превращения в металлах и сплавах. АН УССР, Киев, 1965.
7. Л. М. Резницкий. Обработка резанием закаленных сталей, Машгиз, М.—Л., 1949.
8. А. В. Алексеев. К вопросу о резании закаленных сталей при высоких скоростях, Вестник металлопромышленности № 1, 1939.
9. Э. И. Фельдштейн. К вопросу о сущности процесса скоростного резания металлов, Станки и инструмент, № 12, 1950.