

## ЛИТЕРАТУРА

Режимы резания труднообрабатываемых материалов. Справочник / Я.Л. Гуревич [и др.]. – М.: Машиностроение, 1976.

УДК 621.963

*Мрочек Ж.А., Шадуя В.Л., Кожуро Л.М., Кожуро С.Л.*

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ АЛМАЗНЫМ КРУГОМ С ОРИЕНТИРОВАННЫМИ РЕЖУЩИМИ ЗЕРНАМИ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Известно [1...3], что различные способы обработки металлов оказывают непосредственное, присущее только данному способу воздействие на геометрические параметры и физические свойства поверхностного слоя деталей машин. Так, например, установлено [4...6], что при алмазном шлифовании в сравнении с обычным абразивным создаются более благоприятные условия резания: снижаются усилия резания и температура в зоне обработки. Это обеспечивает получение поверхностного слоя обработанных деталей с определенными физико-механическими свойствами.

В работе представлены результаты исследований влияния алмазного шлифования на содержание остаточного аустенита, величину и знак напряжений 1 рода, а также характеристики тонкой кристаллической структуры и микротвердость поверхностного слоя, определение которых проводилось методами рентгеноструктурного анализа по методикам, изложенным в работах [7,8]. Исследования проводили на образцах из легированных инструментальных сталей ШХ15, ХВГ, 40Х, Р18, У10А. Выбор этих марок стали обусловлен тем, что они используются для изготовления инструмента и деталей, работающих в условиях высоких контактных и изгибающих напряжений.

Образцами для исследований служили плоские заготовки размером 100 × 50 × 30 мм, полученные с одной плавки для каждой стали. Заготовки в состоянии поставки были обработаны фрезерованием (шероховатость поверхности  $R_a = 2,5$  мкм) и подвергнуты термообработке по режимам (табл. 1). Алмазное шлифование образцов осуществляли на плоскошлифовальном станке модели ЗБ64 с применением СОЖ (3 %-й водный раствор кальцинированной соды).

Использовали алмазный шлифовальный круг на пористой металлической связке с ориентированными алмазными зёрнами, который имел форму круга АПП 125 × 32 × 10 × 3 АСВ 125/100МП1 100 и обычный алмазный круг на металлической связке - АПП 125 × 32 × 10 × 3 АСВ 125/100 М58 100. Обработку образцов осуществляли кругами при следующем режиме шлифования: скорость круга  $V = 25$  м/с, подача  $S = 1,5$  м/мин, глубина резания  $t = 0,01$  мм, припуск  $h = 0,2$  мм.

Таблица 1

Режимы термообработки материала образцов

Марка стали	Температура закалки, °С	Температура отпуска, °С	Твердость, HRC	Исходная структура
ШХ15	840...860	180...200	62...64	Мартенсит
ХВГ	840...860	180	62...64	Мартенсит
Р18	Предварительный подогрев 650...700	3 кратный отпуск		Мартенсит
	Второй подогрев 900...950	540...550	63...65	
	Окончательный подогрев 1250...1280	540...560		
40Х	840...860		52...57	Тростит

Физико-механические параметры поверхностного слоя образцов, полученного после алмазного шлифования различными кругами, представлены в табл. 2. Анализ их показывает, что после алмазного шлифования кругом на пористой металлической связке с ориентированными зёрнами и подачей СОЖ через поры круга поверхностный слой всех исследуемых сталей имеет меньше содержания остаточного аустенита, чем после алмазного шлифования обычным кругом. Это можно объяснить тем, что шлифование первым кругом сопровождается значительно меньшим

повышением температуры в зоне обработки. Так, в наших экспериментах для всех исследуемых сталей температура в зоне резания не превышала 370<sup>0</sup>С. Это главное преимущество разработанного алмазного шлифовального круга, которое определяет характер и интенсивность структурных превращений в поверхностном слое материала детали, а следовательно, и ее физико-механические свойства.

Таблица 2. Физико-механические параметры качества сформированного алмазным шлифованием поверхностного слоя

	Наименование параметра	Значение параметров после шлифования									
		Обычным алмазным кругом					Кругом с ориентированными алмазными зернами и подачей СОЖ через поры круга				
		ШХ15	ХВГ	P18	У10	40Х	ШХ15	ХВГ	P18	У10	40Х
1	Процентное содержание остаточного аустенита А, %	14	12	28	9	-	11	10	22	8	-
2	Знак и величина напряжения 1-го рода $\sigma_1$ , ГПа	-0,38	-0,45	-1,50	0,48	-0,33	-0,64	-0,70	-1,90	-0,80	-0,42
3	Величина напряжения 11-го рода $\sigma_2$ , ГПа	0,45	0,37	0,57	0,38	0,23	0,64	0,62	0,84	0,62	0,58
4	Дисперсность блоков когерентного рассеяния D, нм	50	22	64	60	66	36	12	36	40	42
5	Микротвердость Нц, ГПа	8,4	9	10	9,3	7	9,6	9,8	11	10	8,2

При алмазном шлифовании этим кругом происходит заметный распад остаточного аустенита у всех исследуемых сталей. Известно [9], что остаточный аустенит имеет низкую устойчивость в условиях деформации даже при небольших температурах. Меньшая интенсивность распада аустенита при обычном алмазном шлифовании обусловлена очевидно возрастанием теплового воздействия и относительным снижением деформационного. Кроме того, можно предположить, что уменьшение остаточного аустенита при шлифовании на пористой металлической связке с ориентированными алмазными зернами происходит и за счет того, что низкая температура в зоне обработки приводит к распаду пересыщенного твердого  $\alpha$  – раствора с когерентным выделением мельчайших частиц карбидов и распаду аустенита, соответствующему низкотемпературному отпуску [10]. Известно [9], что механизм формирования технологических остаточных напряжений сложен, но в основном зависит от соотношения силовых и температурных факторов.

Результаты проведенных исследований показывают, что при обработке закаленных сталей с различными механическими характеристиками как обычным алмазным кругом, так и исследуемым кругом в поверхностном слое возникают остаточные напряжения сжатия. Это свидетельствует о том, что основной причиной возникновения напряжений является пластическая деформация.

Анализ данных (табл.2) показывает, что для всех шлифуемых образцов пластические и упругие деформации формируют поверхностный слой с различными по величине снимающимися напряжениями. Возникновение последних можно объяснить в первую очередь объемными изменениями, вызванными механическим воздействием, когда происходит уменьшение плотности вещества в поверхностном слое. Снижение сжимающих напряжений при шлифовании закаленных сталей обычным алмазным шлифовальным кругом обусловлено возрастающим тепловым влиянием. Так, при шлифовании стали P18 обычным алмазным кругом в зоне резания возникает температура, равная 7250С (выше температуры отпуска), в то время как при шлифовании неисследованным кругом она равна 3600С [2].

Известно, что характеристики тонкой кристаллической структуры поверхностного слоя (остаточные напряжения II рода и блоки когерентного рассеяния) значительно влияют на прочность металлов и сплавов. Состояние высокой прочности сталей и сплавов характеризуется наличием больших искажений решетки и значительной дисперсностью блоков. Разупрочнение сопровождается уменьшением искажения решетки и укрупнением блоков [9]. Остаточные напряжения II рода (микронапряжения) и изменение величины блоков когерентного рассеяния (блоки мозаики) вызываются действием различных факторов [11].

Анализ полученных результатов (табл.1) показывает, что при шлифовании исследуемым кругом блоков и рост микроискажений больше, чем при шлифовании обычным алмазным кругом. При алмазном шлифовании нагрев в зоне резания характеризуется высокой скоростью, интенсивностью и кратковременностью действия, которые зависят от свойств сталей. Учитывая, что при этом происходит пластическая деформация металлов, можно утверждать, что при шлифовании исследуемым кругом на дробление блоков и рост микроискажений в основном влияет пластическая деформация. При шлифовании обычным алмазным кругом температурный фактор способствует увеличению зерна и уменьшению напряжений II рода.

При сравнении поверхностного слоя образцов, полученных после шлифования обычным и исследуемым кругами, установлено, что микротвердость всех шлифуемых сталей при использовании второго круга выше (табл.2).

Для определения влияния конструкции круга на геометрические характеристики сформированного алмазным шлифованием поверхностного слоя образцов из стали ШХ15, обработанных при описанном выше режиме обычным алмазным кругом и исследуемым кругом, были определены параметры шероховатости поверхности (табл.3). Анализ полученных результатов показывает, что параметры шероховатости поверхности, сформированные исследуемым шлифовальным кругом, по сравнению с обычным алмазным кругом имеют меньшие значения. Обусловлено это тем, что круг с ориентированными зернами относительно плоскости резания имеет оптимальные условия обработки для каждого зерна и наилучший отвод продуктов обработки из зоны шлифования.

Таблица 3. Геометрические характеристики сформированного алмазным шлифованием поверхностного слоя

№ п/п	Наименование параметра	Значения параметров после шлифования	
		Обычным алмазным кругом	Исследуемым кругом
1	Среднее арифметическое отклонение профиля Ra, мкм	0,62	0,46
2	Высота неровностей профиля по десяти точкам Rz, мкм	2,90	1,80
3	Наибольшая высота неровностей профиля Rmax, мкм	3,80	2,70
4	Средний шаг неровностей Sm, мкм	88	64
5	Средний шаг неровностей по вершинам S, мкм	65	48
6	Относительная упорная длина профиля на уровне $\rho=0,5 R_{\max} t_v$ , %	47	52
7	Средний радиус округления вершин выступов r, мкм	406	387

## ЛИТЕРАТУРА

1. Филонов И.П., Беляев Г.Я., Кожуро Л.М. и др. Проектирование технологических процессов в машиностроении. Под ред. И.П. Филонова. – Мн.: УП «Технопринт», 2003. – 910 с. 2. Кожуро Л.М., Панов А.А., Пономарева Э.Б.. Отделочно-абразивные методы обработки: Справоч-

ное пособие. – Мн.: Вышэйшая школа, 1983. – 287 с. 3. Ящерицын П.И., Забавский М.Т., Кожуро Л.М. и др. Алмазно-абразивная обработка и упрочнение изделий в магнитном поле. – Мн.: Наука и техника, 1988. – 272 с. 4. Кожуро Л.М., Чистосердов П.С., Ремизовский Э.И. Шлифование металлов. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 352 с. 5. Рыжов Э.В. Технологические методы повышения износостойкости деталей машин. – Киев: Наукова думка, 1984. – 272 с. 6. Захаренко И.П. Основы алмазной обработки твердосплавного инструмента. – Киев: Наукова думка, 1991. – 300 с. Миркин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов. – М.: Физматгиз, 1961. – 836 с. 8. Рентгенография в физическом металловедении. Под ред. Багаряцкого. – М.: Металлургиздат, 1961. – 368 с. 9. Мрочек Ж.А., Макаревич С.С., Кожуро Л.М. и др. Остаточные напряжения. – Мн.: Технопринт, 2003. – 317 с. 10. Сагарда Л.А., Чеповецкий И.Х., Мишнаевский П.П. Алмазно-абразивная обработка деталей машин. – Киев: Техника, 1974. – 176 с. 11. Горелик С.С., Расторгуев Л.Н., Скаков Ю.А. Рентгенографический и электронографический анализ металлов. – М.: Металлургиздат, 1983. – 256 с.

УДК 621.941.088

*Ивашин Э.Я., Ивашин В.Э.*

## **ОСОБЕННОСТИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ ЭКСЦЕНТРИЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

При обработке резанием превращение срезаемого слоя в стружку является одной из разновидностей процесса пластической деформации материала, выражающейся в изменении под действием внешней силы формы деформируемого тела.

Этот слой всегда с большей или меньшей интенсивностью подвергается неравномерному сжатию в направлении, перпендикулярном к передней поверхности лезвия. Как следствие, в двух других, перпендикулярных к первому, направлениях, возникают напряжения растяжения, и опорная поверхность стружки приобретает большую скорость.

Форма стружки и размеры ее элементов имеют важное значение, особенно при автоматизированном производстве. В неблагоприятных условиях возможно наматывание стружки на вращающиеся части станка, деталь или инструмент, что приводит к их поломкам. При обработке отверстий осевыми инструментами в вязких материалах, когда коэффициенты линейного укорочения и утолщения стружки велики, стружка пакетируется в канавках инструмента и контактирует со стенками обрабатываемого отверстия, что ухудшает их шероховатость или вызывает заклинивание и поломку инструмента.

В связи с этим часто возникает необходимость принудительного дробления стружки, что достигается с помощью накладных стружколомов, лунок или уступов на передней поверхности лезвия, изменения кинематики резания. Дробить стружку можно также за счет подбора геометрии инструмента и определенных режимов резания.

Уступы и лунки на передней поверхности инструментов, а также накладные стружколомы обеспечивают надежное дробление стружки только в данных конкретных условиях обработки, в то время как при незначительном изменении условий резания либо обрабатываемого материала вновь может образоваться недробленая сливная стружка.

Периодическое прерывание процесса резания с помощью изменения движения режущего инструмента в направлении подачи обеспечивает кинематическое дробление стружки при резании. К кинематическим способам дробления стружки можно также отнести нанесение канавок, рисок на обрабатываемой поверхности или поверхности резания до или во время обработки.

Для осуществления вибрационного и дискретного способов дробления стружки требуются устройства сложной конструкции. К тому же недостатком дискретного дробления стружки является необходимость приводить в колебательное движение значительной массы, например суппорт. Поэтому указанный способ рекомендуется при обработке заготовок, диаметр которых не превышает 200 мм. [1]