

УДК 621.922.079

М. Г. Киселев, д-р техн. наук, проф., А. В. Дроздов, канд. техн. наук, П. О. Корзун

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ БОКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РАСПИЛОВОЧНЫХ ДИСКОВ ЛЕПЕСТКОВЫМИ АБРАЗИВНЫМИ КРУГАМИ

Приведены результаты экспериментальных исследований по определению технологических показателей процесса обработки боковых поверхностей распиловочных дисков абразивным лепестковым кругом. Установлено, что такая обработка является эффективным способом подготовки поверхностей заготовок для их последующего шаржирования. Она позволяет удалить упрочненный слой металла, уменьшить толщину заготовок, а также управлять высотными и шаговыми параметрами шероховатости обработанных поверхностей.

Введение

Распиловочный диск представляет собой режущий инструмент, применяемый для механического распиливания монокристаллов алмазов. Он изготавливается из оловянисто-фосфористой бронзы марки Бр ОФ 6,5–0,15 диаметром 76 мм и толщиной от 0,04 до 0,09 мм. После вырубки из ленты заготовок дисков на их боковых поверхностях путём шаржирования в них зёрен алмазных микропорошков формируется алмазосодержащий слой.

Уровень эксплуатационных показателей получаемых таким образом инструментов (режущая способность, стойкость, качество обработанных поверхностей), в первую очередь, определяется качеством шаржирования их поверхностей. В частности, количеством, размером и равномерностью распределения внедрившихся алмазных частиц, степенью их закрепления в материале диска, а также их разновысотностью.

Для повышения качества шаржирования распиловочных дисков авторами [1] было предложено осуществлять предварительную (перед операцией шаржирования) обработку их боковых поверхностей. Её цель заключается в формировании на поверхности заготовки диска микрорельефа с такими параметрами, которые обеспечили бы наиболее благоприятные условия для внедрения и закрепления в ней алмазных частиц в процессе шаржирования. Успешное решение такой задачи напря-

мую связано с определением наиболее эффективного способа и оптимальных режимов поверхностной обработки заготовок распиловочных дисков.

С учётом достигаемых технологических показателей, универсальности и простоты реализации в [2] была обоснована целесообразность использования способа обработки боковых поверхностей распиловочных дисков с помощью лепестковых абразивных кругов. Вместе с тем, для достижения максимального эффекта от применения этого способа обработки распиловочных дисков с целью повышения качества их шаржирования, в первую очередь, необходимо располагать конкретными значениями его технологических показателей в отношении как производительности процесса, так и параметров шероховатости обработанных поверхностей.

Исходя из этого, целью данной работы явилось экспериментальное определение значений производительности и параметров шероховатости боковых поверхностей распиловочных дисков при их обработке лепестковым абразивным кругом.

Методика проведения исследований

Эксперименты по обработке боковых поверхностей распиловочных дисков лепестковыми абразивными кругами выполнялись на специальной установке,

созданной на базе токарно-винторезного станка. На рис. 1 показана принятая технологическая схема обработки.

Заготовка распиловочного диска 3 устанавливалась на плоскую шлифованную поверхность планшайбы 2 и закреп-

лялась на ней посредством центрального болта 4. С помощью цилиндрического хвостовика планшайба зажималась в трёхкулачковом патроне шпинделя станка.

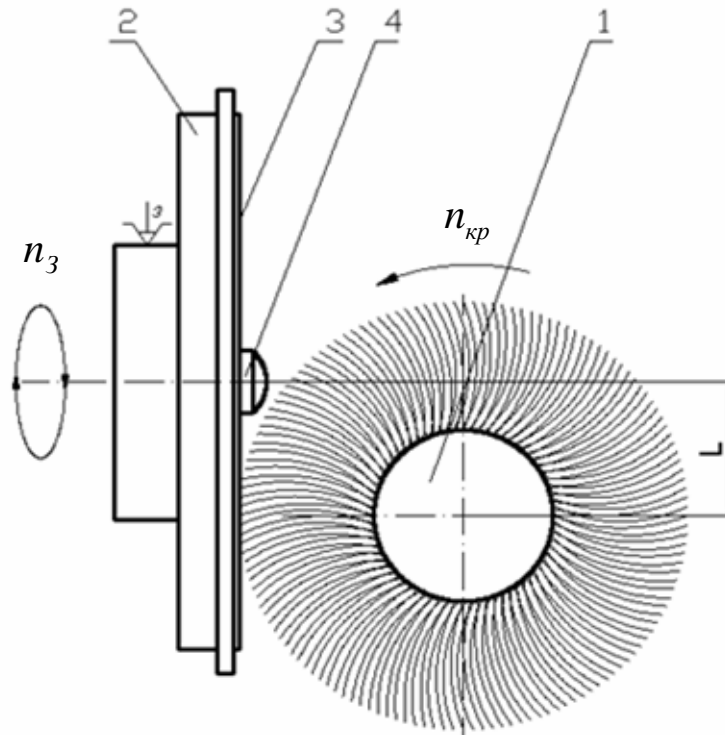


Рис. 1. Технологическая схема обработки боковых поверхностей распиловочных дисков абразивным лепестковым кругом

Лепестковый круг 1 закреплялся непосредственно на валу электродвигателя постоянного тока модели ДПМ-25-Н1-03. Последний монтировался в специальном приспособлении, которое закреплялось в резцедержателе станка, и с помощью прокладок устанавливалось необходимое расстояние L между осями вращения заготовки и круга в вертикальной плоскости. В горизонтальной плоскости взаимное расположение этих осей регулировалось путем перемещения суппорта станка в продольном и поперечном направлениях. Причем за счёт продольного перемещения устанавливалась требуемая величина натяга лепесткового круга в процессе обработки.

В ходе выполнения экспериментов

изменялась частота вращения заготовки n_z от 50 до 2000 мин^{-1} . Частота вращения лепесткового круга $n_{кр}$ и продолжительность обработки каждой стороны диска $T_{обр}$ были приняты постоянными и, соответственно, составляли $n_{кр} = 100 \text{ мин}^{-1}$, $T_{обр} = 30 \text{ с}$.

Основываясь на результатах предшествующих исследований [2], в качестве инструмента использовался лепестковый круг зернистостью Р60, диаметром 80 мм и шириной 20 мм. Серией предварительных экспериментов была определена оптимальная величина натяга для данного лепесткового круга, которая составила 3 мм. Она соответствует максимально допустимому натягу, при кото-

ром в процессе обработки не происходит коробление заготовки диска. Технологическая жидкость не применялась.

В качестве образцов использовались заготовки распиловочных дисков одной партии поставки с номинальной толщиной 0,07 мм. Перед обработкой они маркировались, взвешивались на весах «Explorer ОНАУС» с точностью 0,0001 г. С помощью длинномера ИЗВ-6 измерялась их толщина с точностью 0,1 мкм. Измерения этого параметра проводились на трех радиусах обработанной на заготовке диска дорожки и в четырёх радиальных сечениях, по результатам которых вычислялось среднее арифметическое значение толщины заготовки.

После этого, исходя из требуемых режимов выполнения операции, производилась необходимая настройка установки, по завершению которой осуществлялась обработка последовательно двух сторон заготовки диска. Затем заготовки тщательно промывались, высушивались и производилось их измерение. Измерялись масса диска после обработки и его толщина. С помощью профилометра-профилографа «Taylor Hobson» определялись значения ряда параметров шероховатости обработанной поверхности с записью соответствующих профилограмм.

Производительность процесса оценивалась величиной уменьшения массы исходной заготовки после обработки двух её сторон в течение одной минуты. По изменению за это время толщины заготовки судили об интенсивности протекания явления пластического оттеснения металла в навалы в процессе взаимодействия абразивных зерен с обрабатываемой поверхностью. По результатам измерения шероховатости поверхности оценивались её высотные и шаговые параметры, соответствующие различным режимам обработки. В совокупности с анализом профилограмм это позволило установить режимы обработки, обеспечивающие наиболее рациональную для последующего шаржирования микрогеометрию поверхности распиловочного диска, а также соответствующую им про-

изводительность операции и толщину обработанной заготовки.

Результаты исследований и их обсуждение

Целью первого этапа исследований явилось определение эффективности применения обработки поверхности распиловочных дисков лепестковыми абразивными кругами в отношении интенсивности съема металла, т. е. производительности выполнения операции.

На рис. 2 приведена экспериментальная зависимость уменьшения массы исходной заготовки Δm_3 от частоты её вращения n_3 после обработки на следующих режимах: частота вращения круга 100 мин^{-1} ; величина его натяга 3 мм; продолжительность обработки двух сторон 1 мин.

Из анализа полученной зависимости видно, что с увеличением частоты вращения заготовки от 50 до 100 мин^{-1} съем металла с её поверхности возрастает, а в диапазоне от 100 до 200 мин^{-1} его величина снижается. Затем с увеличением n_3 до 400 мин^{-1} съем металла вновь возрастает, достигая практически того же значения, как при обработке с частотой 200 мин^{-1} . По мере дальнейшего увеличения частоты вращения заготовки вплоть до 1000 мин^{-1} значение съема металла остается неизменным, а затем оно линейно возрастает, достигая максимального значения при $n_3 = 2000 \text{ мин}^{-1}$.

Такой характер зависимости $\Delta m_3(n_3)$, в первую очередь, связан с изменением условий взаимодействия абразивных зерен с обрабатываемой поверхностью заготовки при различных частотах её вращения. В данном случае, когда $n_{кр} = \text{const}$, целесообразно эти изменения оценивать скоростным коэффициентом k_n , представляющим собой отношение частоты вращения заготовки к частоте вращения лепесткового круга:

$$k_n = n_3 / n_{кр} .$$

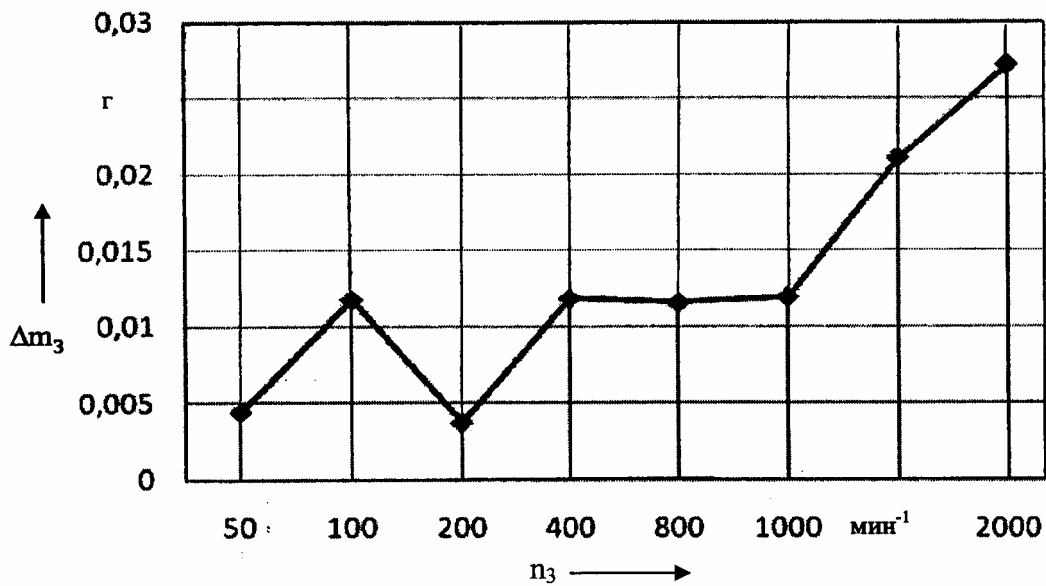


Рис. 2. Экспериментальная зависимость уменьшения массы исходной заготовки от частоты её вращения после обработки лепестковым кругом

Дело в том, что для принятой технологической схемы обработки и при постоянной частоте вращения лепесткового круга значение скоростного коэффициента определяет характер и параметры сетки следов на поверхности заготовки диска, наносимых абразивными зёрнами, а также условия их взаимодействия с обрабатываемым материалом. Это наглядно иллюстрируется фотографиями (рис. 3) поверхностей распиловочных дисков, обработанных лепестковым кругом при различных значениях скоростного коэффициента.

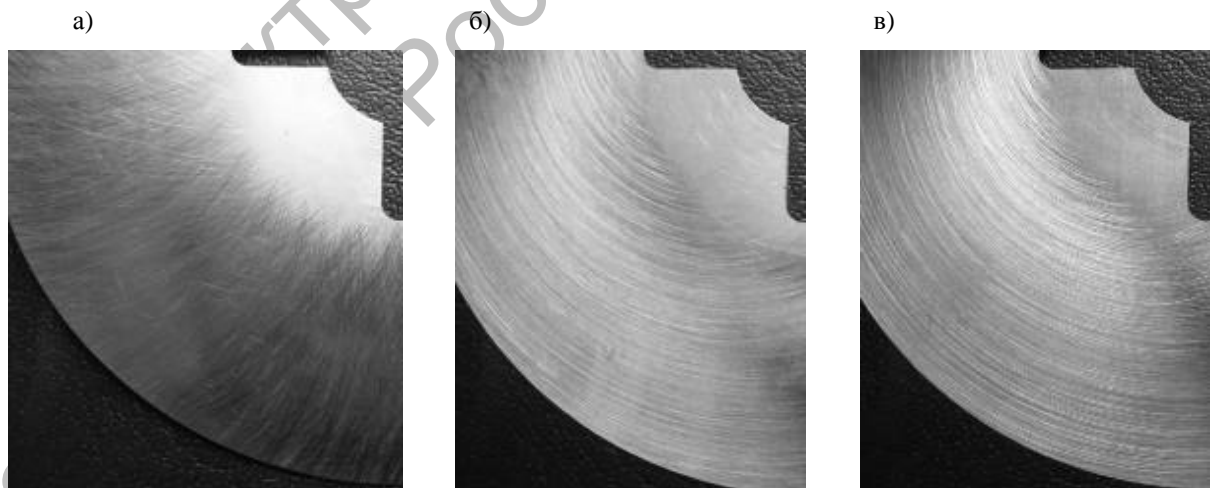


Рис. 3. Фотографии поверхности заготовок, обработанных при различных частотах их вращения: а – 50 мин⁻¹; б – 1000 мин⁻¹; в – 2000 мин⁻¹

Так, при $k_n = 0,5$ риски, наносимые абразивными зернами, имеют преимущественно радиальное направление: при $k_n = 10$ они приобретают характер своеобразных пересекающихся запятых, а при $k_n = 20$ они имеют практически круговое направление.

Очевидно, что процесс взаимодействия абразивных зерен с обрабатываемой поверхностью, как и условия их работы, будут определяться значением скоростного коэффициента. Для такой оценки целесообразно воспользоваться

зависимостью удельного съема материала с поверхности заготовки Δm_{O3} от значения скоростного коэффициента, которая приведена на рис. 4. Величина Δm_{O3} представляет собой уменьшение массы заготовки при прохождении ею пути $s = 100$ м. Последний рассчитывался применительно к радиусу заготовки, соответствующему половине ширины обрабатываемой на её поверхности дорожки.

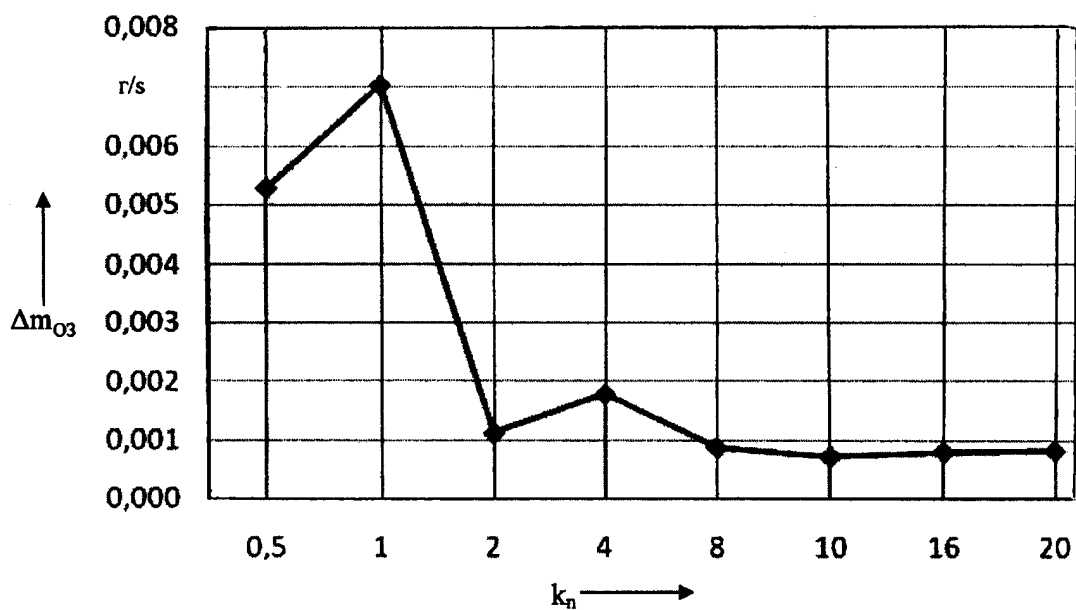


Рис. 4. Зависимость удельного съема металла при обработке заготовки распиловочного диска лепестковым кругом от значения скоростного коэффициента

Из приведенных данных видно, что значение Δm_{O3} существенным образом зависит от скоростного коэффициента. При этом максимальное значение удельного съема материала имеет место при $k_n = 1$, т. е. когда частота вращения круга и заготовки одинаковы. В данном случае при диаметре круга, равном 80 мм, и среднем диаметре обрабатываемой на диске дорожки, равном 56 мм, при $n_3 = n_{кр}$ получается, что окружная скорость абразивных зерен v_a оказывается весьма близкой к окружной скорости точек на обрабатываемой поверхности заготовки v_3 . Поэтому результирующий вектор скорости резания направлен к

v_a и v_3 под углом, близким к 45° . Как известно [3], в этом случае создаются наиболее благоприятные условия для работы абразивных зерен, которые удаляют металл с поверхности заготовки преимущественно за счет его микрорезания. С изменением в сторону уменьшения или увеличения k_n от единицы величина удельного съема металла в двух случаях снижается. При $k_n = 0,5$ это обусловлено тем, что абразивные зерна воздействуют на поверхность заготовки преимущественно в радиальном направлении, при котором значения результирующей скорости резания определяются,

главным образом, величиной окружной скорости абразивных зерен. В условиях проводимых экспериментов эта скорость имела малое значение, при котором взаимодействие абразивных зёрен с обрабатываемой поверхностью характеризуется снижением интенсивности удаления материала за счет его микрорезания при одновременном возрастании процесса пластического оттеснения металла в навалы в результате «пропахивания» поверхности абразивными зёрнами [2].

В случае, когда $k_n > 1$ ($n_z > n_{кр}$), ведущую роль в процессе взаимодействия абразивных зерен с обрабатываемой поверхностью начинает играть окружная скорость заготовки, и чем больше указанные неравенства, тем выше её влияние. Оно проявляется в том, что по мере увеличения n_z роль окружной скорости абразивных зерен как составляющей результирующей скорости ре-

зания снижается, а при $v_z \gg v_a$ значение последней будет определяться практически только величиной окружной скорости заготовки. В результате этого на обработанной поверхности заготовки образуется сетка следов от воздействия абразивных зерен в виде концентрических окружностей. Съем материала в этом случае происходит, главным образом, за счет его микрорезания абразивными зёрнами, но этот процесс сопровождается явлением повторяемости следов обработки, что обуславливает снижение удельного съема материала по сравнению с его значением при $k_n = 1$.

Отмеченные положения в определенной степени подтверждаются данными об изменении толщины исходной заготовки после обработки лепестковым кругом при различных частотах её вращения, которые приведены в табл. 1.

Табл. 1. Данные об изменении толщины заготовки

Частота вращения заготовки, мин ⁻¹	Толщина исходной заготовки, мкм	Толщина заготовки после обработки, мкм	Изменение толщины заготовки после обработки, мкм
50	68,4	68,5	0,1
100	74,9	74,3	-0,6
200	71,1	70,7	-0,4
400	72,3	72,1	-0,2
800	68,4	68,3	-0,1
1000	74,7	74,3	-0,4
1600	71,6	71,0	-0,6
2000	71,4	70,4	-1,0

Как видно, при всех частотах вращения заготовки, за исключением $n_z = 50$ мин⁻¹, её толщина после обработки уменьшается (наиболее существенно на частотах вращения 100, 1600, 2000 мин⁻¹). С точки зрения эксплуатационных показателей распиловочных дисков, которые должны при сохранении достаточной жесткости обеспечивать минимальную толщину реза, некоторое уменьшение толщины режущего полотна заготовки за счет обработки лепестковым кругом можно расценивать как

положительный фактор. Не менее важным в этом плане является то, что при этом происходит удаление с поверхности заготовки упрочненного после прокатки слоя металла, благодаря чему облегчается процесс последующего шаржирования боковых сторон распиловочного диска алмазными частицами.

Увеличение толщины заготовки после её обработки при $n_z = 50$ мин⁻¹ подтверждает выше отмеченное положение о том, что в этом случае взаимодействие

абразивных зерен с поверхностью заготовки сопровождается интенсивным пластическим оттеснением металла в навалы вдоль следов обработки, вызывая тем самым некоторое приращение толщины диска.

Как отмечалось выше, основная цель предварительной обработки заготовок распиловочных дисков состоит в формировании шероховатости поверхности с такими её параметрами, которые обеспечили бы наилучшие условия для внедрения и закрепления в ней алмазных зерен в процессе их шаржирования. Для решения такой задачи необходимо, в первую очередь, располагать конкретными данными о технологических возможностях рассматри-

ваемого способа обработки с точки зрения управления параметрами шероховатости поверхности заготовок распиловочных дисков.

На рис. 5 приведены экспериментальные данные, отражающие изменение высотных R_a и R_z и шаговых S и S_m параметров шероховатости обработанной поверхности заготовки от частоты её вращения. Значения этих параметров шероховатости поверхности у исходных заготовок, т. е. после прокатки, составляли: $R_a = 0,068$ мкм; $R_z = 0,537$ мкм; $S_m = 25,79$ мкм; $s = 8,97$ мкм.

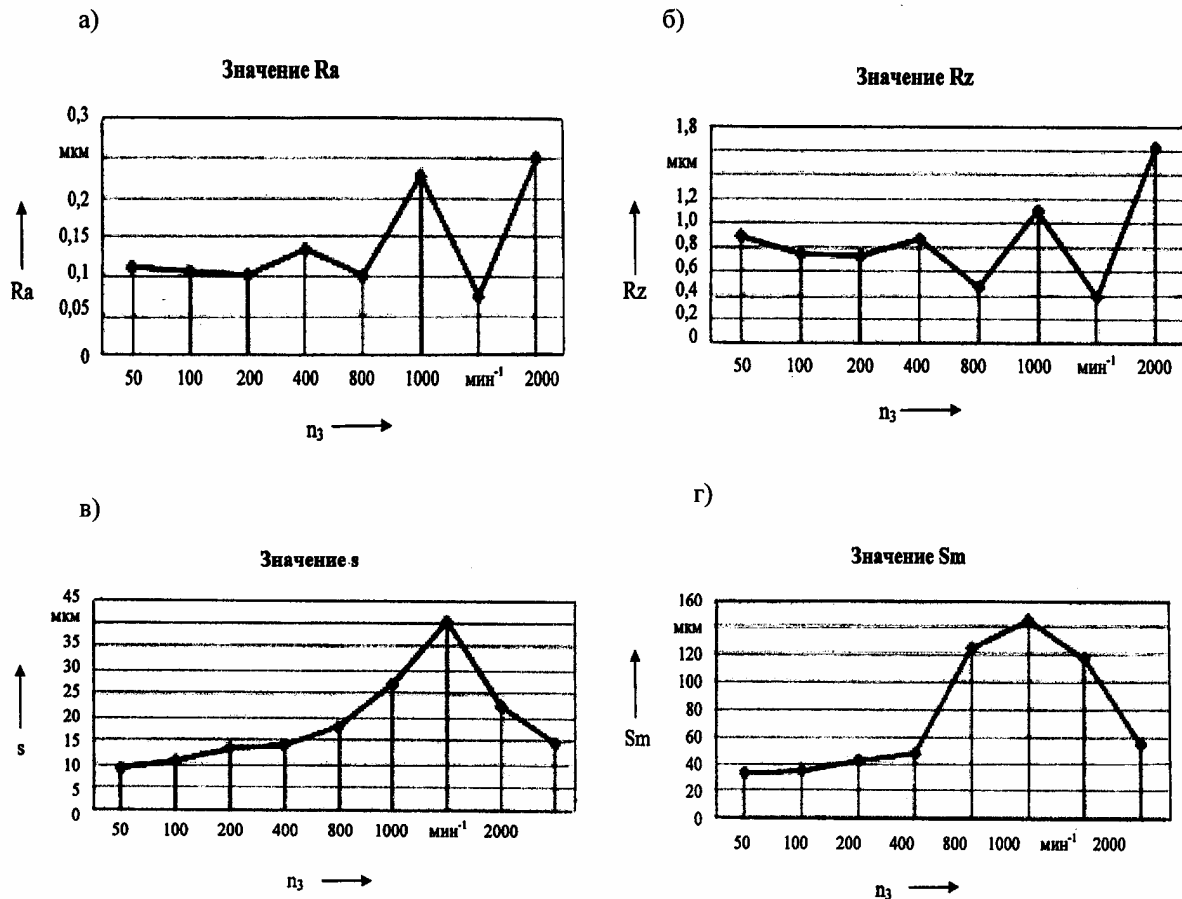


Рис. 5. Зависимости высотных (а, б) и шаговых (в, г) параметров шероховатости обработанной поверхности заготовки от частоты её вращения

Из них видно, что по сравнению с исходной шероховатостью обработка поверхности лепестковым кругом во всех случаях приводит к повышению как высотных, так и шаговых её параметров. Причем в диапазоне частот вращения заготовки от 50 до 800 мин⁻¹ значения этих параметров изменяются незначительно. Резкое повышение высотных параметров шероховатости (рис. 5, а, б) наблюдается при частоте вращения заготовки, равной 1000 мин⁻¹, а при дальнейшем её увеличении до 1600 мин⁻¹ имеет место не менее резкое падение значений Ra и Rz. После чего в диапазоне от 1600 до 2000 мин⁻¹ эти параметры вновь интенсивно возрастают, достигая своих максимальных значений.

Зависимости шаговых параметров шероховатости поверхности от частоты вращения заготовок (рис. 5, в, г) имеют четко выраженный экстремальный характер. Максимальным значениям s и S_m соответствует обработка поверхности заготовки при $n_z = 1000$ мин⁻¹. С изменением частоты её вращения от этого значения как в сторону уменьшения, так и увеличения происходит снижение значений шаговых параметров шероховатости обработанной поверхности.

Таким образом, полученные результаты показали, что обработка заготовок распиловочных дисков лепестковым абразивным кругом является эффективным способом подготовки их поверхностей для последующего шаржирования. Она позволяет удалить упрочненный слой металла, уменьшить толщину заготовки, а также управлять высотными и шаговыми параметрами шероховатости обработанных поверхностей.

Выводы

1. Показано, что процесс обработки поверхности распиловочных дисков лепестковым абразивным кругом характеризуется достаточно широкими технологическими показателями с точки зрения управления интенсивностью съема припуска, толщиной заготовки, а также

параметрами шероховатости обработанных поверхностей. При этом обеспечить управляющее влияние можно за счет изменения частоты вращения заготовки, что при постоянной частоте вращения круга равносильно изменению скоростного коэффициента k_n , равного их отношению.

2. Показано, что значение скоростного коэффициента определяет характер и параметры сетки следов на поверхности заготовки диска, наносимых абразивными зернами, а также условия их взаимодействия с обрабатываемым металлом. Так, при $k_n = 0,5$ следы обработки имеют преимущественно радиальное направление, при $k_n = 10$ они приобретают характер своеобразных пересекающихся запятых, а при $k_n = 20$ они имеют практически круговое направление.

3. Установлено, что максимальное значение удельного съема металла в процессе обработки имеет место при скоростном коэффициенте, равном единице. С изменением его от этого значения как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения приводит к уменьшению удельного съема металла.

4. Установлено, что при значениях скоростного коэффициента, превышающих 0,5, толщина обработанной заготовки по сравнению с исходной уменьшается, а при $k_n \leq 0,5$ она возрастает. Последнее объясняется тем, что при этом условии процесс взаимодействия абразивных зерен с обрабатываемой поверхностью характеризуется возрастанием доли пластического оттеснения металла в навалы, вызывая тем самым некоторое увеличение толщины заготовки.

5. Установлено, что по сравнению с исходной шероховатостью поверхности заготовки обработка лепестковым абразивным кругом приводит к повышению как высотных, так и шаговых её параметров. При этом за счет изменения скоростного коэффициента

можно в достаточно широких пределах управлять значениями этих параметров шероховатости обработанной поверхности.

6. На основе комплексного анализа полученных экспериментальных данных в отношении интенсивности съема металла, толщины заготовки и параметров шероховатости поверхности установлено, что наилучший уровень этих показателей с точки зрения подготовки поверхности заготовки для последующего шаржирования обеспечивается при скоростном коэффициенте, равном 10.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Киселев, М. Г.** Ультразвуковое суперфиниширование боковых поверхностей распиловочных дисков / М. Г. Киселев, В. Т. Минченя, С. Д. Скарулис // Порошковая металлургия. – 1998. – Вып. 21. – С. 27–30.
2. **Киселев, М. Г.** Ультразвук в поверхностной обработке материалов / М. Г. Киселев, В. Т. Минченя, В. А. Ибрагимов. – Минск : Тесей, 2001. – 334 с.
3. **Гдалевич, А. И.** Полирование деталей лепесковыми кругами / А. И. Гдалевич, С. И. Житницкий, В. И. Хрычев. – М. : Машиностроение, 1980. – 80 с.
4. **Епифанов, В. И.** Технология обработки алмазов в бриллианты / В. И. Епифанов, А. Я. Лесина, Л. В. Зыков ; под ред. В. И. Епифанова. – М. : Высш. шк., 1987. – 335 с.

Белорусский национальный технический университет
Материал поступил 24.01.2008

M. G. Kiselev, A. V. Drozdov, P. O. Korzun
Determination technological indices of manufacturing process of lateral surface of sawing blades by petal abrasive disks

The paper considers results of experimental research in determination of technological indices of manufacturing process of lateral surface of sawing blades by petal abrasive disks. It was ascertained that such processing is an effective way of preparing of blank's surfaces for their next charging. Such processing helps to remove a strengthened metal layer, to lessen thickness of the blanks, and also to control altitude and step parameters of machined surfaces roughness.