

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБРАБОТКИ ЭЛАСТИЧНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПРОЦЕССА

В данной работе поставлена задача проверки ряда теоретических выводов, и подкрепление их практическими экспериментами. В основу представленных исследований положена задача усовершенствования волокна, из которого можно было бы изготовить абразивный высокоэффективный инструмент.

Ключевые слова: полимер-абразивный эластичный инструмент; производительность обработки; геометрические параметры инструмента; величина начальной деформации; объем снятого материала; площадь контакта; шероховатость поверхности.

У даній роботі поставлена задача перевірки ряду теоретичних висновків, і підкріплення їх практичними експериментами. В основу представлених досліджень покладена задача удосконалення волокна, з якого можна було б виготовити абразивний вискоефективний інструмент.

In hired the problem of verification of row of theoretical conclusions, and reinforcement their practical experiments, is set. The task of improvement of fibre from which it is possible it would be to make an abrasive high-efficiency instrument is fixed in basis of the presented researches.

Введение

При проведении теоретических исследований различных методов обработки в технологии машиностроения важным фактором является подтверждение полученных результатов экспериментальными методами. При этом основными показателями является производительность процесса и шероховатость обработанной поверхности. Однако, использование полимер - абразивного инструмента требует учета значительно большего числа параметров, чем при обработке, например, металлическими щетками. Такие данные в литературе отсутствуют, приводятся сведения относительно теоретических исследований без указания конкретных практических величин.

Постановка задачи.

В данной работе поставлена задача проверки ряда теоретических выводов [1-4], и подкрепление их практическими экспериментами.

Основная часть.

К основным технологическим параметрам абразивной обработки относятся: угол контакта $2\varphi_0$ эластичного полимер-абразивного инструмента (ЭПАИ) с обрабатываемой поверхностью, соотношение геометрических параметров η инструмента и обрабатываемой поверхности, жесткости инструмента $Cr \cdot C\rho$, начальная деформация инструмента h , сила нагружения P_k , площадь контакта ЭПАИ с обрабатываемой

поверхностью, скорость вращения инструмента и заготовки. Назначаемые параметры абразивной обработки, такие как начальная деформация ЭПАИ h , сила нагружения P_k , соотношение геометрических параметров η и возникающие вследствие этого угол контакта ЭПАИ с обрабатываемой поверхностью $2\varphi_0$ и площадь контакта оказывают большое влияние на силовые характеристики процесса [1-4]. Аналитические исследования проводились для трех случаев обработки - плоской, наружной и внутренней цилиндрической поверхности. Экспериментальные исследования были посвящены изучению взаимосвязей между параметрами и проверке адекватности полученных зависимостей [4]. Эксперименты проводились на плоскошлифовальном станке мод. ЗГ71, с использованием ЭПАИ с абразивом из карбида кремния зеленого зернистостью 40/63, 63/80. Было установлено, что для случая обработки плоской поверхности опорный угол зависит от радиуса и начальной деформации инструмента. Диаметр инструмента выбирается из существующего диапазона размеров обычно в пределах от 15 до 300 мм, хотя существуют и инструменты большего размера – до 500 мм. Начальную деформацию назначают согласно необходимому технологическому воздействию. Чем величина начальной деформации больше, тем больше прикладываемое усилие прижатия P_k . Эти же параметры входят в выражения по определению величин силы резания, момента и мощности сил резания. Аналитическим путем определено, что при назначении начальной деформации $h=5$ мм и при радиусе инструмента $r_0=125$ мм половина опорного угла φ_0 равна $16^\circ 26'$, тогда как при $h=10$ мм - $\varphi_0=23^\circ 07'$, при $h=5$ мм и $r_0=300$ мм φ_0 равна $10^\circ 47'$, при $h=10$ мм и $r_0=300$ мм φ_0 равна $14^\circ 83'$ для случая обработки плоской поверхности. Экспериментальные данные показывают, что при установке инструмента и нагружении для создания сектора контакта возникают углы, отличающиеся от данных, полученных теоретически в пределах 5% (рис.1). Зависимость половины опорного угла от начальной деформации инструмента носит линейный характер. При увеличении радиуса инструмента зависимость более пологая, а при уменьшении – быстро возрастает. При достижении определенной величины h для инструмента относительно малого радиуса формирование зоны контакта прекращается вследствие того, что при дальнейшем нагружении инструмента произойдет его разрушение. На первой зависимости после 15 мм деформации сектора контакта больше нет. Однако следует отметить, что при возрастании радиуса инструмента такой момент отодвигается в зону больших значений начальной деформации. Причем с точки зрения технологической необходимости назначать большие значения не рационально. Поэтому имеет смысл говорить о диапазоне рекомендуемых значений половины опорного угла φ_0 . Для инструментов малого радиуса при обработке заготовок с большим радиусом не рекомендуется превышать величину $0,35r_0$, так как дальнейшее нагружение не только не способствует повышению эффективности обработки, но даже препятствует ему из-за

возрастания силовых характеристик процесса и уменьшения срока эксплуатации инструмента.

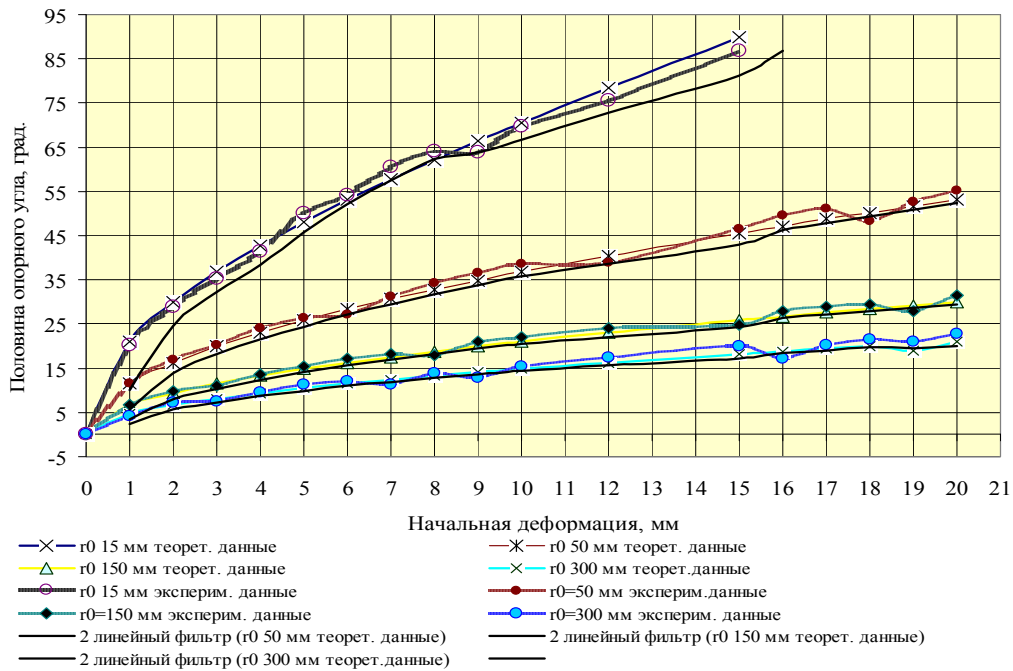


Рисунок 1 – Зависимость половины опорного угла от величины начальной деформации инструмента при обработке плоской поверхности

Аналогично плоской поверхности были получены данные при зависимости половины опорного угла φ_0 от величины начальной деформации инструмента при обработке наружной цилиндрической поверхности (рис. 2).

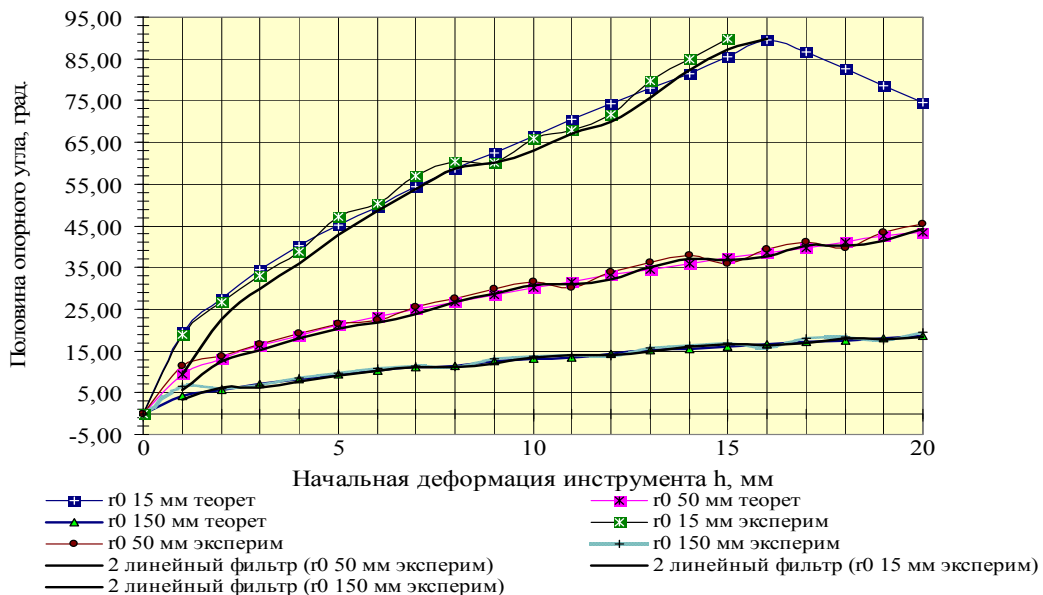


Рисунок 2 - Зависимость половины опорного угла от величины начальной деформации инструмента при обработке наружной цилиндрической поверхности

При обработке наружной цилиндрической поверхности характер зависимости половины опорного угла от начальной деформации инструмента похож на характер образования аналогичной зависимости при обработке плоской поверхности. Так же происходит быстрое нарастание величины угла φ_0 . Рекомендуется для инструментов малого радиуса не превышать величины начальной деформации инструмента, равной $0,35r_0$, во избежание разрушения инструмента. Для случая обработки инструментами, радиус которых сравним или близок радиусу обрабатываемой поверхности, величина угла φ_0 нарастает не столь стремительно, как в случае обработки инструментом малого радиуса. Рекомендуемое значение величины угла φ_0 не превышает 45° . В этом случае образуется сектор контакта с опорным углом $2\varphi_0$, равным 90° , если создать угол φ_0 большим, рабочие элементы отклонятся настолько, что начнут испытывать изгибающую нагрузку и от соприкосновения с закрепляющими дисками, что нежелательно, так как это место имеет повышенную температуру и серьезно угрожает целостности рабочих элементов. Аналогично наружной цилиндрической поверхности были получены данные зависимости половины опорного угла φ_0 от величины начальной деформации инструмента при обработке внутренней цилиндрической поверхности (рис. 3). Величина начальной деформации создавалась путем сообщения инструмента вертикальной подачи, необходимой величины. Инструменту сообщалось вращательное движение, после чего инструмент останавливался в контакте с заготовкой.

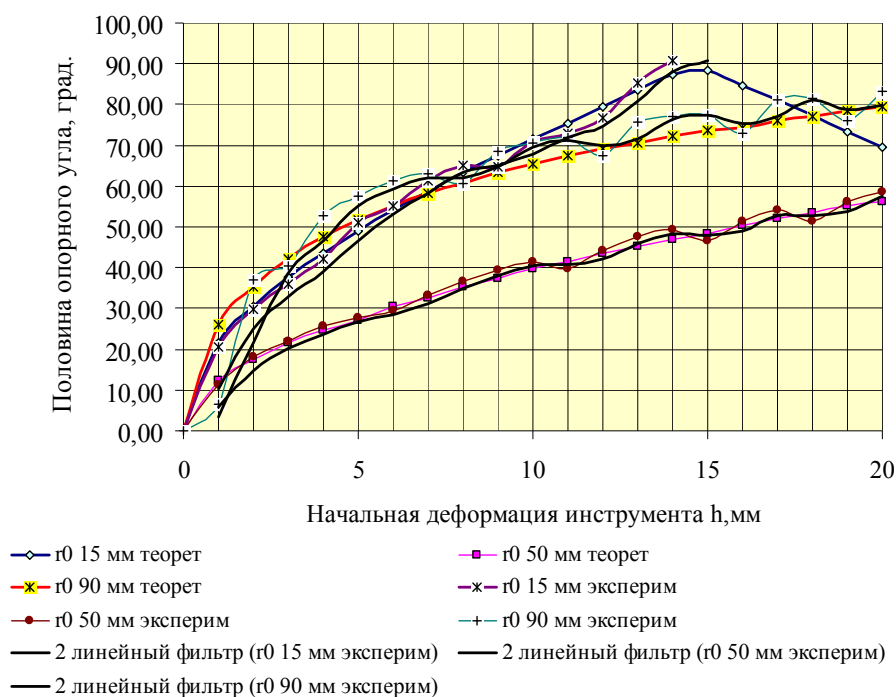


Рисунок 3 -Зависимость половины опорного угла от величины начальной деформации инструмента при обработке внутренней цилиндрической поверхности

Для данных условий и заносились в протокол. ЭПАИ вводился в контакт с внутренней поверхностью таким образом, чтобы торец инструмента был в плоскости торца заготовки для облегчения съема данных. Мелом наносились отметки, соответствующие крайним точкам контакта рабочих элементов и поверхности. Путем математических преобразований были определены значения половины опорного угла для каждого случая обработки. Для каждого случая проводилось пять измерений, после чего определялось среднее значение измерения. Все рекомендации, высказанные в отношении наружной цилиндрической поверхности, распространяются и на внутреннюю цилиндрическую поверхность. В результате обработки оказалось, что при увеличении скорости резания увеличивался объем снятого материала, при чем зернистость инструмента оказывала большое влияние. При обработке плоских образцов стали 45 ЭПАИ с абразивом из карбида кремния зернистостью 63/40, объем снятого материала был приблизительно таким же, как и при обработке стали 45 таким же инструментом, но зернистостью 40/20 при больших скоростях резания. Оказалось, что при обработке материала инструментом с меньшей зернистостью, можно достичь при прочих равных условиях путем увеличения скорости резания. Обработка велась при постоянной подаче заготовки $S_{загот.}=2$ м/мин, $\varphi_0=17^\circ$ при $h=10$ мм, $r_0=150$ мм, $P_k=20$ Н (рис. 4).

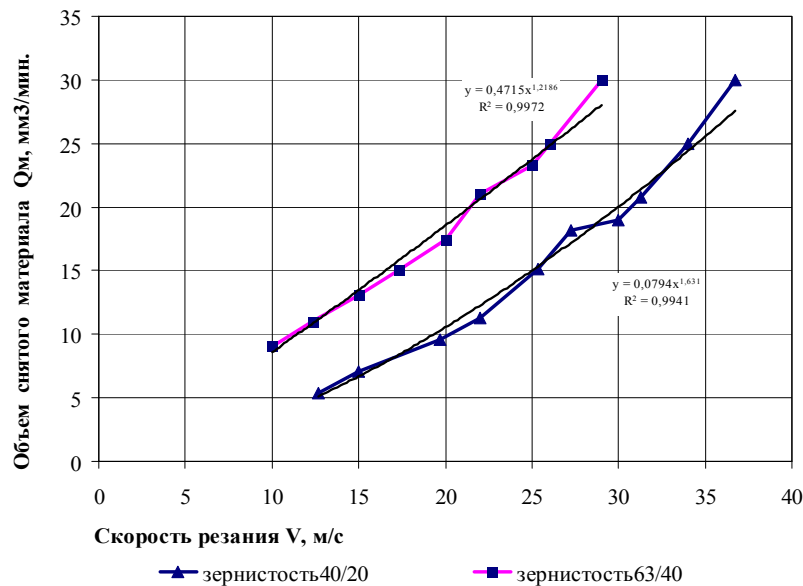


Рисунок 4 - Зависимость величины объема снятого материала от скорости резания

Одним из важнейших показателей процесса обработки шлифованием при использовании ЭПАИ является величина площади контакта рабочих элементов с обрабатываемой поверхностью. Объем снятого материала увеличивался при повышении скорости резания или зернистости абразивных частиц. Кроме этих параметров на величину объема снятого материала влияла площадка контакта инструмента и заготовки. Для

выявления характера этой зависимости обрабатывалась сталь 45 инструментом с карбидом кремния зернистостью 63/40 при различных скоростях резания, после чего определялся объем снятого материала для каждого случая. Осуществлялась обработка плоских образцов с параметрами: $r_0=150$ мм, $S_{загот.}= 2$ м/мин, $h=2$ мм, $P_k=5Н$, без охлаждения; $r_0=150$ мм, $S_{загот.}= 2$ м/мин, $h=5$ мм, $P_k=10Н$, без охлаждения; $r_0=150$ мм, $S_{загот.}= 2$ м/мин, $h=8$ мм, $P_k=20Н$, без охлаждения; $r_0=150$ мм, $S_{загот.}= 2$ м/мин, $h=10$ мм, $P_k=22Н$, без охлаждения; $r_0=150$ мм, $S_{загот.}= 2$ м/мин, $h=20$ мм, $P_k=30Н$, без охлаждения.

Зависимости на рис. 5 подтверждают, что с увеличением скорости резания при прочих равных условиях объем снятого материала растет [3]. Для выявления влияния концентрации абразива на эффективность обработки был проведен ряд экспериментов. В ходе исследований рассматривалась обработка материала инструментами, выполненными из волокна, обладающего различной концентрацией абразивных частиц. Обрабатывались образцы стали 45 на одних режимах ($v_d=30$ м/мин., $v_{кр.}=35$ м/с, $h=5$ мм, $S=0,5$ м/мин) инструментом с одинаковой зернистостью, но различной концентрацией частиц в волокне в течение одинакового промежутка времени. При концентрации абразива (карбид кремния зеленый) от 36% до 50% объем снятого материала увеличивался на незначительную величину по сравнению с обработкой при концентрации абразива 36%. Результаты, сведенные в графике (рис. 6), показывают, что при увеличении концентрации абразива в волокне, увеличивается объем снятого материала.

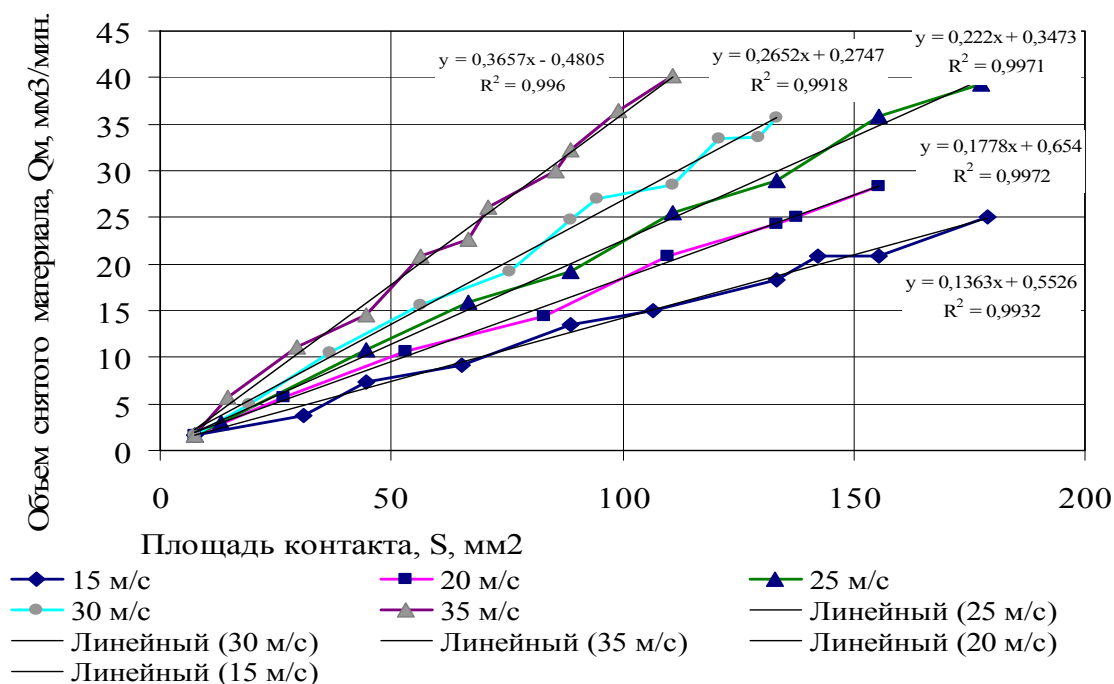


Рисунок 5 - Зависимость величины объема снятого материала от величины площади контакта

Однако наступает момент, когда увеличение концентрации абразива уже не приводит к увеличению объема снятого материала по пропорциональному закону. При одной и той же величине площади контакта объем снятого материала Q_m будет различным для обработки с разными скоростями резания, причем для большей скорости - больший. При увеличении площади контакта объем снятого материала растет. Увеличение площади контакта возникает благодаря воздействию нескольких факторов: увеличению деформации инструмента (рис.7) и увеличению радиальной нагружающей силы и прочих технологических сил, действию которых подвергается инструмент. Увеличение этой силы вызывает деформацию рабочих элементов. Таким образом, эти два фактора сложно рассматривать в отдельности [3]. 3) Уменьшение жесткости инструмента (что не случается при рассмотрении одного и того же экземпляра инструмента). Рост объема снятого материала достигается при увеличении площади контакта и прочих равных условий за счет вступления в работу новых абразивных зерен. Достоинством ЭПАИ является его способность работать в режиме самозатачивания.

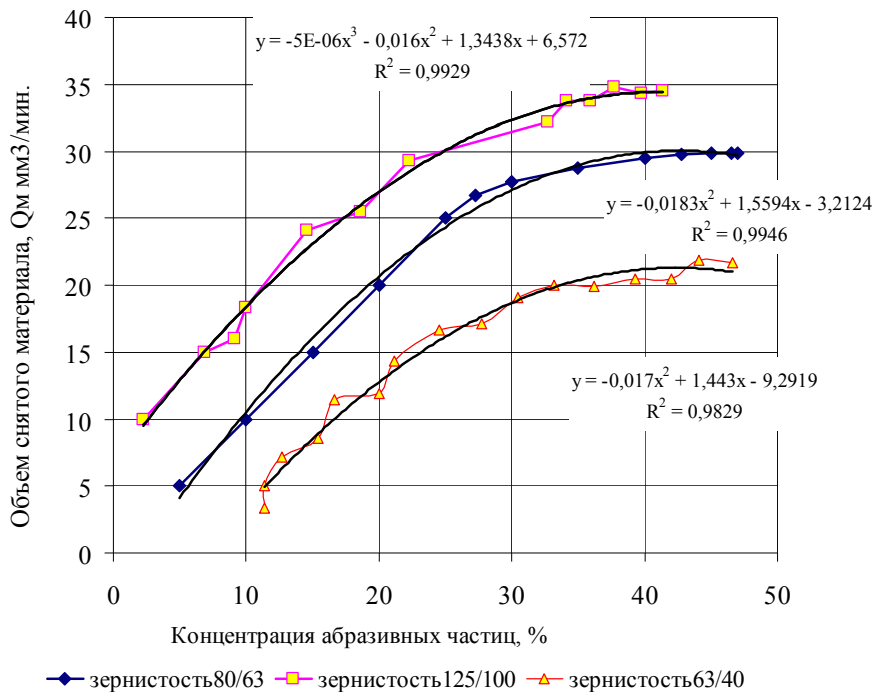


Рисунок 6 - Зависимость объема снятого материала от концентрации абразивных частиц в волокне (карбид кремния зеленый)

Основой волокна является полимер, который при нагреве до определенной температуры увеличивает свою пластичность, в результате чего происходит удаление отработавших зерен, на место которых выступают новые зерна. Стружка не забивает поры между зернами, так как они слишком малы, а при попадании внутрь стружки, она нагревает основу волокна, что приводит к освобождению от стружки и открытию новых зерен. Таким образом, можно сделать вывод о том, что этот инструмент не нуждается в правке. Отсутствие правки инструмента повышает

производительность шлифования [5] через составляющую эффективности шлифования:

$$Q_{\phi} = \varepsilon_j \cdot \varepsilon_{\Delta} \cdot \varepsilon_{\tau} \cdot Q_p, \quad (1)$$

где Q_{ϕ} - фактический минутный съем материала, Q_p - расчетный минутный съем материала, $\varepsilon_j, \varepsilon_{\Delta}, \varepsilon_{\tau}$ - коэффициенты, учитывающие влияние факторов, приводящих к снижению Q_{ϕ} .

Коэффициент, учитывающий влияние засаливания инструмента и потери им режущей способности, будет равен 1, и его влияние не будет сказываться на величине фактического минутного съема материала [5]. За счет большого количества пустот между волокнами, тепло из зоны резания не может быстро распространиться на весь инструмент, иначе бы наличие температур, характерных для обычного шлифования жесткими кругами сделало бы обработку ЭПАИ не возможной. Понижению температуры на рабочих элементах инструмента способствует также краткое время контакта поверхности волокна с поверхностью заготовки. При уменьшении зернистости или увеличении скорости резания (рис. 4) наблюдается повышение объема снятого материала, это свидетельствует о сохраняющейся режущей способности инструмента.

Выводы:

1. Основным преимуществом ЭПАИ является возможность его деформации на величину h , что позволяет обработать плоские, цилиндрические и сложнопрофильные поверхности.

2. Деформация инструмента увеличивает площадь его контакта с обрабатываемой поверхностью, что значительно влияет на повышение производительности обработки и интенсивность снижения шероховатости поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проволоцкий А.Е., Негруб С.Л. Технологические возможности шлифования полимер-абразивными кругами //Материалы межд.науч.-техн.конф.4-6.06.02, «Научно-технические проблемы станкостроения, производства технологической оснастки и инструмента». - Одесса, Киев: АТМ Украины, 2002.- С. 102-104;
2. Проволоцкий А.Е., Колесник И.А., Негруб С.Л. Аналитические исследования прочности волокна полимер-абразивного инструмента. - «Резание и инструмент в технологических системах». - Харьков: НТУ «ХПИ», 2002. - Вып. 63.- С. 121-125.;
3. Проволоцкий А.Е., Негруб С.Л. Экспериментальное исследование параметров обработки эластичными полимер – абразивными инструментами //Сучасні технології у машинобудуванні: Зб. наук. статей /За заг. ред. А.І. Грабченка. – Том 1. - Харьков: НТУ "ХПИ". - 2006. - С. 171-184.
4. Негруб С.Л. Повышение эффективности финишной обработки эластичными полимер – абразивными инструментами: Автореф. дис. ...канд. техн. наук: НМетАУ. – Днепропетровск., 2008. – 26 с.;
5. Маслов Е.Н. Теория шлифования металлов. М.:Машиностроение,1974. – 320с.