

Константин Николаевич Соломонов родился в 1957 г. окончил Воронежский государственный университет в 1980 г. Д-р техн. наук, профессор ГТУ “Московский институт стали и сплавов” и МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор более 100 научных работ в области обработки металлов давлением, механики, инженерной графики, информатики, в том числе трех монографий и четырех патентов на изобретение.

K.N. Solomonov (b. 1957) graduated from the Voronezh State University in 1980. D. Sc. (Eng.), professor of the Moscow Institute for Steels and Alloys and the Bauman Moscow State Technical University. Author of more than 100 publications including 3 monographs and 4 patents in the field of plastic metal working, mechanics, engineering graphics and information technology.

Виктор Павлович Абашкин родился в 1982 г. окончил Курский государственный технический университет в 2004 г. Аспирант ГТУ “Московский институт стали и сплавов”. Автор 11 научных работ в области исследования процессовковки.

V.P. Abashkin (b. 1982) graduated from the Kursk State Technical University in 2004. Post-graduate of the Moscow Institute for Steels and Alloys. Author of 11 publications in the field of study of forging processes.

УДК 621.43-231

А. Н. Т ю р и н

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА БРУСКОВОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ПОСРЕДСТВОМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ПРОЦЕССА

Рассмотрено применение энергетических критериев к оценке качества брусковой обработки, что позволяет определить оптимальные геометрические, конструктивные и режимные параметры процесса.

В настоящее время существует множество различных теоретических подходов при моделировании процесса суперфиниширования. Однако все они имеют преимущественно частный характер, отражающий конкретные условия процесса суперфиниширования, что ограничивает их практическое использование при совершенствовании технологии суперфинишной обработки. По мнению автора, использование энергетического подхода в моделировании процесса суперфиниширования позволит обобщить ранее выполненные исследования в этой области и создать более универсальную модель, позволяющую осуществлять поиск новых направлений совершенствования технологии окончательной прецизионной обработки широкого круга деталей.

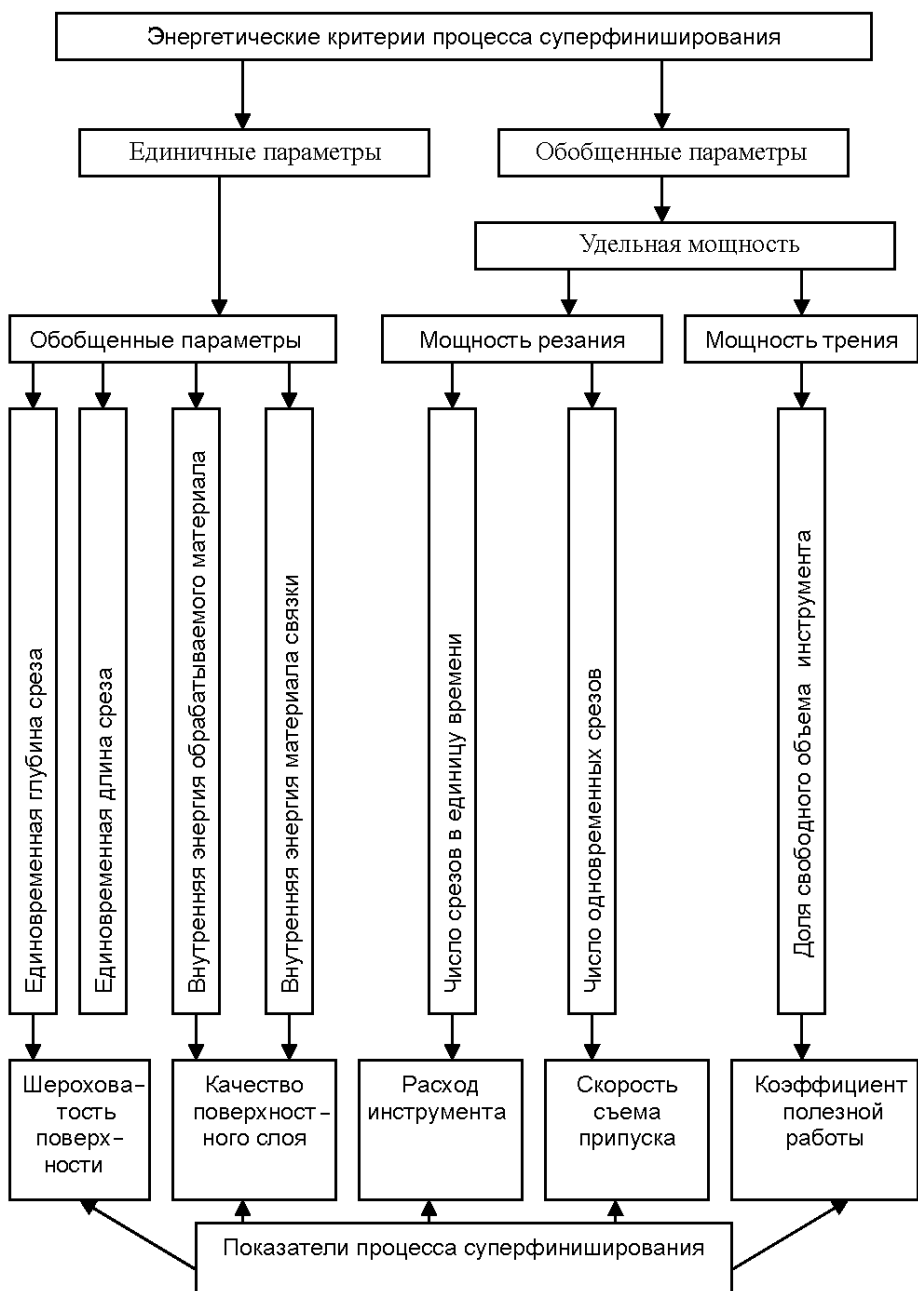
Сущность всех процессов брусковой обработки заготовок, включая процесс суперфиниширования, заключается в преобразовании энергии одного вида в другой. В процессе суперфинишной обработки энергия привода оборудования преобразуется в энергию резания отдельными абразивными зёрнами и энергию трения стружки и шлама об обрабатываемую поверхность. Энергии резания и трения преобразуются частично во внутреннюю энергию заготовки и связки инструмента, а частично — в тепловую энергию. Тепловая энергия, выделяемая при обработке, сопровождается отделением микростружки, а прирост внутренней энергии сопровождается упрочнением поверхностного слоя заготовки. Прирост внутренней энергии связки, удерживающей зёрна на поверхности инструмента, сопровождается разрушением связки, что способствует, с одной стороны, самозатачиванию инструмента и повышению его режущей способности, а с другой стороны, уменьшением глубины единичных срезов, что сопровождается снижением скорости удаления припуска и уменьшением шероховатости обработанной поверхности.

Таким образом, процесс суперфиниширования — прежде всего энергетический процесс, поэтому без серьёзного анализа его энергетических параметров невозможно составить достаточно полное представление о характере его протекания.

На рисунке показана взаимосвязь энергетических параметров процесса суперфиниширования с основными показателями результата обработки заготовок. Как видно, все энергетические показатели суперфинишной обработки делятся на единичные и обобщенные. Единичные показатели отражают воздействие на обрабатываемую поверхность единичных абразивных зёрен.

Наиболее общим показателем является единовременная энергия единичного среза, под которой понимают энергию, затрачиваемую на непрерывный срез материала заготовки единичным абразивным зёрном.

Этот срез может быть полным и неполным. Полный срез наблюдается, если единичное абразивное зерно выходит из контакта с обрабатываемой поверхностью без повреждения, что обычно маловероятно, так как это происходит при очень малой глубине резания абразивными зёрнами, прочно удерживаемыми связкой. Известно, что в процессе суперфиниширования припуск активно снимается при условии активного самозатачивания абразивного инструмента. Для этого необходимо обеспечить такие условия обработки, при которых единичные абразивные зёрна под действием обрабатываемой поверхности начнут активно выпадать из связки инструмента. Если абразивное зерно при непрерывном контакте с обрабатываемой поверхностью выпадает из связки и перестает резать, это указывает на неполный срез. При этом



Энергетические параметры процесса суперфиниширования и их связь с показателями процесса обработки

уменьшаются глубина и длина среза, что, в свою очередь, приводит к снижению единовременной энергии единичного среза.

Таким образом, единовременная энергия среза зависит от единовременных глубины резания и длины среза. Более точно — единовременная энергия единичного среза определяется не столько еди-

временной глубиной среза, сколько единовременной площадью. Но в работе [1] убедительно показано, что средневероятностная площадь среза при абразивной обработке в условиях самозатачивания абразивного инструмента вполне определяется глубиной среза. И хотя параметры режущей части абразивных зерен зависят от их материала, но для каждого материала средневероятностные параметры режущей части зерен зависят от глубины резания так, что соотношение между глубиной и шириной срезов остается постоянным.

Поэтому в настоящей работе вместо двух единичных энергетических параметров процесса суперфиниширования — единовременных глубины резания и площади среза принят один параметр — единовременная глубина единичного среза.

Под единовременными глубиной резания и длиной среза подразумеваются средневероятностные глубина и длина непрерывного среза, выполненного единичными абразивным зерном. Слово “единовременная” означает, что в данном случае рассматривается единичный срез, сделанный единичным абразивным зерном за время его одного непрерывного контакта с обрабатываемой поверхностью.

Энергия среза зависит не только от его размеров, к числу единичных энергетических параметров относится и внутренняя энергия обрабатываемого материала заготовки, т.е. энергия, необходимая для удаления с обрабатываемой поверхности единичным абразивным зерном единицы объема материала. Производство объема единичного среза на внутреннюю энергию обрабатываемого материала должно быть равно единовременной энергии единичного среза.

Поскольку, как было отмечено ранее, единичные абразивные зерна при суперфинишировании делают в своем большинстве неполные срезы, то одним из важных единичных энергетических показателей является внутренняя энергия материала связки, т.е. средневероятностная энергия деформации мостиков связки, при которой зерна выпадают из связки инструмента. Прочность удержания зерен связкой инструмента и вероятность появления вершин зерен над уровнем связки зависит от расстояния вершин зерен до уровня связки, поэтому внутренняя энергия материала связки определяется расстоянием от уровня связки до обрабатываемой поверхности в процессе обработки. Таким образом, данный энергетический показатель зависит от условий обработки, в основном от характеристики инструмента и удельной силы прижима инструмента к заготовке.

К числу обобщенных энергетических параметров процесса суперфиниширования относятся удельные мощности резания и трения. Удельная мощность резания — это та часть мощности процесса суперфиниширования, которая расходуется в единицу времени на образование единичных срезов абразивными зернами, находящимися в одновременном контакте на единице площади обрабатываемой поверхности. Удельная мощность резания также является средневероятностной,

так как зависит от средневероятностного значения единовременной энергии единичных срезов и от средневероятностного числа активных абразивных зерен на единице обрабатываемой поверхности. Производство удельной мощности резания на площадь контакта инструмента и заготовки равно мощности резания.

Удельная мощность трения — это та средневероятностная часть мощности процесса суперфиниширования, которая расходуется на трение стружки и шлама (находящихся в порах абразивного инструмента), получаемых с единицы площади обрабатываемой поверхности заготовки. По мнению автора, это один из важнейших энергетических параметров суперфиниширования. С одной стороны, чем больше удельная мощность трения, тем меньше КПД технологической системы и меньше скорость удаления припуска. Но, с другой стороны, чем больше удельная мощность трения, тем меньше глубина внедрения абразивных зерен в поверхность заготовки и меньше шероховатость обработанной поверхности. Известно, что без обеспечения активного засаливания рабочей поверхности абразивного инструмента на заключительном этапе операции невозможно получить низкие значения шероховатости обрабатываемой поверхности, даже используя очень мелкозернистый инструмент. Поэтому важно соблюдать эффективный баланс между удельными мощностями резания и трения на начальном и заключительном этапах суперфиниширования.

Микрорельеф обработанной поверхности определяется царапинами, оставленными абразивными зёрнами на поверхности заготовки; естественно, что единовременная глубина срезов определяется шероховатостью обработанной поверхности. Конечно, показателей шероховатости обработанной поверхности множество, они с разных сторон характеризуют микрорельеф детали, но все эти показатели зависят от глубины отдельных царапин и математически их несложно связать между собой.

Качество обработанного поверхностного слоя зависит от дополнительной внутренней энергии, которую получает обрабатываемая поверхность в процессе пластической деформации. Приращение этой энергии определяется нормальной силой резания единичного зерна и глубиной деформации, которая соответствует единовременной глубине среза. Влиянием теплового фактора на качество поверхностного слоя при суперфинишировании можно пренебречь, так как это низкоскоростной процесс и, следовательно, плотность теплового потока, возникающего в процессе обработки, невелика.

Расход инструмента при суперфинишировании обычно во внимание не принимают, так как стоимость инструмента невысокая, а его стойкость достаточно велика. Иногда этот показатель важен, если осуществляется выбор того или иного абразивного инструмента либо

предполагается использовать какой-то уникальный дорогостоящий инструмент. Поскольку расход абразивного инструмента зависит от его изнашивания, то энергетическими параметрами, характеризующими этот показатель, являются внутренняя энергия материала связки и число абразивных зерен, участвующих в резании. Такой показатель, как коэффициент полезной работы, может понадобиться для определения степени засаливания рабочей поверхности инструмента в конце операции, так как от этого зависит шероховатость обработанной поверхности. Кроме того, этот показатель важно использовать при сравнении процесса суперфиниширования с другими доводочными операциями абразивной обработки такими, как хонингование, тонкое шлифование, шлифование глифталевыми и другими эластичными кругами, обработка абразивной шкуркой и т.д. Во многих из перечисленных операций абразивный инструмент быстро засаливается, теряет режущую способность и не обеспечивает требуемого качества поверхности, тем более повышения качества поверхностного слоя. Достижимый при этом внешний блеск поверхности имеет только декоративное значение.

В основу построения энергетической модели процесса суперфиниширования положены следующие условия.

1. Число используемых энергетических параметров процесса суперфиниширования должно быть достаточным для характеристики необходимых показателей процесса обработки таких, как производительность, качество обработки, величина снимаемого припуска и др. Наиболее универсальными критериями являются единовременная энергия среза и удельная мощность суперфиниширования. Единовременная энергия среза, с одной стороны, определяется площадью единичных срезов, следовательно, глубиной остаточных царапин на поверхности заготовки и шероховатостью получаемой поверхности. С другой стороны, этот критерий зависит от длины единичных срезов. В совокупности с глубиной срезов он характеризует интенсивность удаления припуска. Обычно с увеличением скорости удаления припуска шероховатость поверхности возрастает. Но это не всегда так: увеличение скорости резания приводит к увеличению единовременной энергии среза при неизменной его глубине, а поэтому можно найти условия увеличения производительности обработки без необходимости повышения шероховатости обрабатываемой поверхности.

В отличие от единовременной энергии среза мощность, затрачиваемая при обработке, характеризуется суммарным воздействием на обрабатываемую поверхность всех абразивных зерен, находящихся на поверхности контакта с заготовкой. С одной стороны, она зависит от единовременной энергии среза и, следовательно, отражает и шероховатость получаемой поверхности заготовки, и скорость удаления припуска. Но этот параметр дает очень важную дополнительную информацию об исследуемом процессе, а именно отражает влияние на шероховатость числа участвующих в контакте абразивных зерен и размера

фактической площадки контакта. Конечно, все параметры процесса связаны между собой. Например, увеличение числа активных зерен в единице поверхности контакта, как правило, приводит к снижению шероховатости обработанной поверхности. Однако если увеличение сопровождается возрастанием единовременной энергии среза, то шероховатость поверхности при этом все же будет возрастать. Увеличение размера пятна контакта приводит к возрастанию скорости съема припуска только в том случае, если оно сопровождается возрастанием единовременной энергии среза.

Таким образом, анализ только этих двух энергетических параметров позволяет получить достаточно полную информацию о механизме протекания процесса суперфиниширования, а следовательно, позволяет определить рациональные условия процесса и совершенствовать этот процесс. Дополнительными энергетическими критериями оценки процесса суперфиниширования могут быть единовременная глубина резания и единовременный объем среза. Хотя единовременная энергия среза и мощность протекания процесса отражают влияние этих факторов, но при необходимости проведения более тщательного анализа исследуемого процесса эти параметры позволяют не только построить наиболее выгодный в энергетическом отношении процесс обработки, но и более надежно обеспечить требуемые показатели качества обработанной поверхности.

2. Энергетические критерии процесса суперфиниширования должны быть универсальными и обеспечивать возможность сравнения между собой различных способов и условий его осуществления. Это, в свою очередь, не только обеспечит возможность рационального построения конкретного процесса обработки, путем оптимизации условий его осуществления, но и позволит эффективно осуществлять поиск наиболее рациональных направлений совершенствования процесса, а также создавать новые способы обработки и проектировать новые технологии суперфинишной обработки.

Такими универсальными критериями опять-таки являются единовременная энергия среза и затрачиваемая мощность. По какой бы схеме ни осуществлялся процесс обработки, единовременная энергия среза всегда определяется единовременной глубиной среза и скоростью резания, а затрачиваемая мощность зависит от единовременной энергии среза и числа активных зерен, участвующих в резании в единицу времени.

3. Энергетические параметры процесса суперфиниширования математически связаны с основными показателями процесса. Особенно важно обеспечить связь этих параметров с такими важными показателями, как съем металла в процессе обработки и шероховатость обработанной поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К о р о л е в А. В. Исследование процессов образования поверхностей инструмента и детали при абразивной обработке. – Саратов: Изд-во Саратовского ГТУ, 1975. – 192 с.
2. К о р о л е в А. В. Вероятностные основы разрушения материалов // Сб. докл. РАЕН. – 1999. – № 1. – С. 194–201.
3. К о р о л е в А. В., Ч и с т я к о в А. М. Механизм безотходного технологического разлома деталей // Сб. докл. РАЕН. – 1999. – № 1. – С. 201–207.

Статья поступила в редакцию 18.06.2007

Анатолий Николаевич Тюрин родился в 1956 г., окончил Западно-Казакхстанский сельскохозяйственный институт в 1979 г. Канд. техн. наук, директор института “Нефти, газа и отраслевых технологий”. Автор более 60 научных работ в области повышения качества поверхностей деталей при абразивной обработке.

A.N. Tyurin (b. 1956) graduated from the West-Kazakhstan Agricultural Institute in 1979. Ph. D. (Eng.), director of Institute of Oil, Gas and Branch Technologies. Author of more than 60 publications in the field of improving the surface quality of parts in abrasive processing.

**В издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана
в 2008 г. вышла в свет книга**

Бром А.Е., Колобов А.А., Омельченко И.Н.

Интегрированная логистическая поддержка жизненного цикла наукоемкой продукции: Учебник / А.Е. Бром, А.А. Колобов, И.Н. Омельченко; Под ред. А.А. Колобова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 296 с.

Изложены основы концепции логистической поддержки жизненного цикла наукоемкой продукции, обеспечивающей эксплуатационную надежность и качество послепродажного этапа обслуживания изделий, т.е. ключевые факторы конкурентоспособности современной сложной техники. Рассмотрены основы теории надежности и методы продления эксплуатационного ресурса сложных технических объектов, методы математической формализации потоковых процессов в логистических системах и функционального моделирования с использованием стандарта IDEF0. Описаны основные элементы структуры системы интегрированной логистической поддержки, приведены образцы задач логистического анализа, проанализированы функции системы материально-технического обеспечения, стратегии эксплуатации и формы технического обслуживания и ремонта сложной техники.

Содержание учебника соответствует курсу лекций, который авторы читают в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Для студентов, аспирантов и преподавателей технических и экономических специальностей высших технических учебных заведений, а также для специалистов и руководителей промышленных наукоемких предприятий, научно-производственных объединений.

По вопросам приобретения обращаться по тел. (499) 263-60-45;
e-mail: press@bmstu.ru