

важное значение имеют используемые методы испытаний. Так при определении  $\sigma_T$  и  $\sigma_B$  усилия, полученные при разрыве образца, делят на номинальное, табличное значение сечения арматуры или на фактическое. Очевидным является, что для одинакового металла значения, полученные по этим методикам, будут не совпадать.

Эффективность отечественного сортамента сортовых и фланцевых профилей уступает достигнутому в мировой практике на 5÷10 %. Переход на производство металлопродукции по, например, европейским стандартам требует повышение вероятности обеспечения прочностных показателей по крайней мере до 98%, внедрения технологии контролируемой прокатки, а также совершенствования технологии, в том числе повышения жесткости прокатных клетей.

ISO 9001 устанавливает требования по оценке результативности и непрерывному улучшению процессов. Определение процессов и эффективное управление ими в соответствии с установленными требованиями обеспечивает высокую конкурентную способность предприятия.

**Список литературы:** 1. ДСТУ ISO 9001:2009 Системи управління якістю. Вимоги 2. ДСТУ ISO 9000:2007 Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів.

*Надійшла до редколегії 25.10.2012*

УДК 621.73

УДК 621.771

**Система управления качеством продукции и конкурентная способность / Кириенко А. И., Прогилаев В. В., Даниленко В.И. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – №47(953). – С. 222-226. – Бібліогр.: 2 назви.**

Виконано аналіз основних вимог до системи управління якістю підприємства, основні проблеми розробки, впровадження і методи удосконалення.

**Ключові слова:** сертифікація, управління якістю, підтвердження відповідності.

The analysis of the basic requirements of quality management system, the main problems of development, implementation and methods to improve.

**Keywords:** certification, quality management, confirmation of accordance.

УДК 621.9.048

**А. В. МИЦЫК**, канд. техн. наук, доц., докторант, ВНУ им. В. Даля, Луганск  
**В. А. ФЕДОРОВИЧ**, доктор техн. наук, проф. НТУ «ХПИ», Харьков

### **РАЗВИТИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВИБРАЦИОННОЙ ОТДЕЛОЧНО-ЗАЧИСТНОЙ И УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ОБЩЕМАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ**

Даны предпосылки развития новых технологий вибрационной отделочно-зачистной обработки, проектируемых комбинированием различных схем энергетического воздействия применительно к корпусным и типа тел вращения деталям сложной формы. Предложен и обоснован выбор схемы обработки деталей «с закреплением». Представлена классификация образования заусенцев в различных условиях процесса резания лезвийным инструментом. Разработана вариативная схема комбинирования энергетических воздействий и технических решений в новых технологиях в отделочно-зачистной обработки.

**Ключевые слова:** вибрационная обработка, номенклатура деталей, заусенцы, острые кромки, обработка «с закреплением», классификация, энергетическое воздействие, интенсивность процесса.

Современное развитие вибрационной техники и технологии, реализуемой на отделочно-зачистных и упрочняющих операциях широкой номенклатуры деталей общемашиностроительного применения, предусматривает использование разнообразных физических эффектов энергетических воздействий на рабочую среду и обрабатываемые детали, а также множественные варианты их комбинирования, что усиливает интенсивность и качество

© А. В. Мицык, В. А. Федорович, 2012

процессов вибрационной обработки, которые сопровождаются микрорезанием и упруго-пластическим деформированием при достижении требуемого технологического результата в изготовлении деталей [1].

Известно, что при различном сочетании схем энергетических воздействий создана гамма комбинированных способов вибрационной обработки, их около двадцати, тогда как существует реальная возможность разработки более восьмисот таких способов [2, 3].

Для эффективного промышленного применения комбинированных способов вибрационной обработки необходимо учитывать физические особенности предшествующих операций, определяющих процесс формообразования поверхностей деталей, а также принимать во внимание то обстоятельство, что первостепенным при выполнении отделочно-зачистных операций является удаление заусенцев и скругление острых кромок. Все остальные технологические результаты обработки, в основу которой положено вибрационное воздействие, как правило, в той или иной степени могут достигаться параллельно. Так, очистка отливок от формовочной смеси, удаление облоя с заготовок из цветных металлов и сплавов, очистка от окалины, коррозии, нагара, накипи и различных загрязнений, сопряжены с эффектами динамического встряхивания, соударения, переменных ускорений и микроударов гранул рабочей среды, расклинивающего действия химически-активных растворов [4].

Особенности механизма удаления заусенцев и скругления острых кромок связаны с физической сущностью классического процесса виброобработки, при котором свободная рабочая среда с размером гранул 5...35 мм под действием вибрационных сил приобретает состояние текучести и интенсивного перемешивания с обрабатываемыми деталями. Такая организация процесса обеспечивает непрерывность течения гранул кипящей среды в замкнутом рабочем пространстве резервуара вибростанка, а также проникновение этих гранул ко всем элементам конструкции обрабатываемых деталей при самых различных вариантах их пространственной ориентации в движущихся по определенному закону потоках рабочей среды. Технологии, разработанные с учетом описанной выше физической сущности процесса виброобработки, достаточно успешно используются в металлообрабатывающем производстве. Однако, известно, что в номенклатуре деталей общемашиностроительного применения имеет место достаточное количество как мелко-, так и крупногабаритных корпусных деталей приводных и распределительных механизмов, а также деталей типа тела вращения, таких как диски, втулки, катушки шкивы, зубчатые колеса и др.

Форма выделенных деталей классифицируется как сложная, объемная, образованная сочетаниями цилиндрических, конических и других криволинейных поверхностей. Конструкции деталей имеют ниши, карманы, уступы, лекальные переходы элементов поверхности с малыми 1...3 мм радиусами сопряжения, а также глухие и сквозные отверстия различного диаметра. Формообразование таких конструктивных особенностей связано с операциями обработки лезвийным инструментом на металлорежущих станках, а именно точением, фрезерованием, сверлением, что влечет за собой появление дефектов поверхностей в виде заусенцев, острых кромок, повышенной шероховатости, удаление которых необходимо согласно требованиям последующей сборки и эксплуатации [5, 6].

Постоянное развитие наук технологии машиностроения и резания металлов привело к созданию, изучению и промышленному внедрению многочисленных способов отделочно-зачистной обработки свободной абразивной средой, связанных с удалением перечисленных выше дефектов. Среди них способы, в основу которых для достижения требуемого технологического результата положено вибрационное, центробежное и гидродинамическое воздействие на рабочую среду и обрабатываемые детали с различными физико-механическими свойствами и характеристиками [7].

Необходимо отметить, что, несмотря на эффективность известных способов, они по некоторым технологическим причинам не дают требуемых результатов при обработке вышеупомянутых деталей. А именно, при использовании виброобрабатывающих и центробежных технологий выяснилось, что свободная загрузка партий деталей в резервуар приводит к их взаимному столкновению в ходе циркуляционного движения совместно с рабочей средой, что вызывает появление до 25 % брака в виде забоин, вмятин и царапин на обрабатываемых поверхностях деталей. Также при совместной обработке крупных партий деталей не исключается организация их сводов и заклинивание резервуара. Устранение брака за счет увеличения машинного времени обработки или же обработка деталей не партиями, а по отдельности, несоизмеримо снижает производительность труда и повышает себестоимость изготовления деталей, что экономически нецелесообразно.

Кроме того, неприемлемость виброобрабатывающих технологий в их классическом виде очевидна в виду того, что в них используется рабочая среда с размером гранул 5...35 мм, а такая грануляция не обеспечивает удаление имеющихся дефектов в нишах, карманах, сопряжениях малого радиуса, отверстиях малого диаметра и др., которыми изобилует конструкция деталей сложной формы, и которые по своим размерам могут быть значительно меньше грануляции применяемой рабочей среды.

Из сказанного выше, касательно выделенной номенклатуры деталей понятно, что технологическая ситуация диктует для них однозначное исключение из промышленного внедрения схемы обработки «внавал» и переход к схеме обработки «с закреплением» при размещении деталей в резервуаре вибростанка. Однозначное мнение о преимуществах той или иной схемы обработки не является широко распространенной позицией, так как можно предположить, что в силу демпфирующих свойств рабочей среды интенсивность обработки на различном удалении от колеблющегося днища резервуара будет неодинакова. А это при организации процесса вибрационной отделочно-зачистной и упрочняющей обработки имеет определенное значение для показателей съема металла и шероховатости поверхности, так как обрабатываемые детали согласно принятой авторами схемы обработки «с закреплением» будут базироваться и закрепляться группами на установочных пальцах приспособления, расположенных в вертикальной плоскости резервуара, то есть каждая из групп деталей во время обработки будет находиться в различной зоне динамической активности рабочей среды по направлению от днища, где активность максимальна, до верха резервуара, где активность колеблющейся среды сравнительно невелика.

Сделанное предположение получило экспериментальное подтверждение при количественной и качественной оценке распределения  $Q$  съема металла и  $R_a$  шероховатости поверхности по  $N_i$  образцам, обрабатываемым согласно схем «внавал» и «с закреплением» при установке на вертикальных установочных пальцах приспособления (рис. 1).

Согласно графическим зависимостям установлено, что при обработке деталей «с закреплением» на длине установочных пальцев, близкой к 500 мм, расположенных в направлении вертикальной оси резервуара, съем металла изменяется от 2,061 мг/ч·см<sup>2</sup> до 2,282 мг/ч·см<sup>2</sup> с тенденцией пошагового в пределах 1,011...1,020 мг/ч·см<sup>2</sup> увеличения через каждые 50 мм длины, измеряемой в направлении погружения деталей в рабочую среду. Это дает количественную неравномерность обработки от 2,4 до 9,7 %. Изменение шероховатости поверхности происходит аналогично при неравномерности обработки от 13,2 до 42,9 %. Для сравнения уточним, что при обработке деталей «внавал» количественная неравномерность составляет от 0,2 до 0,6 %, а качественная – от 1,6 до 6,3 %.

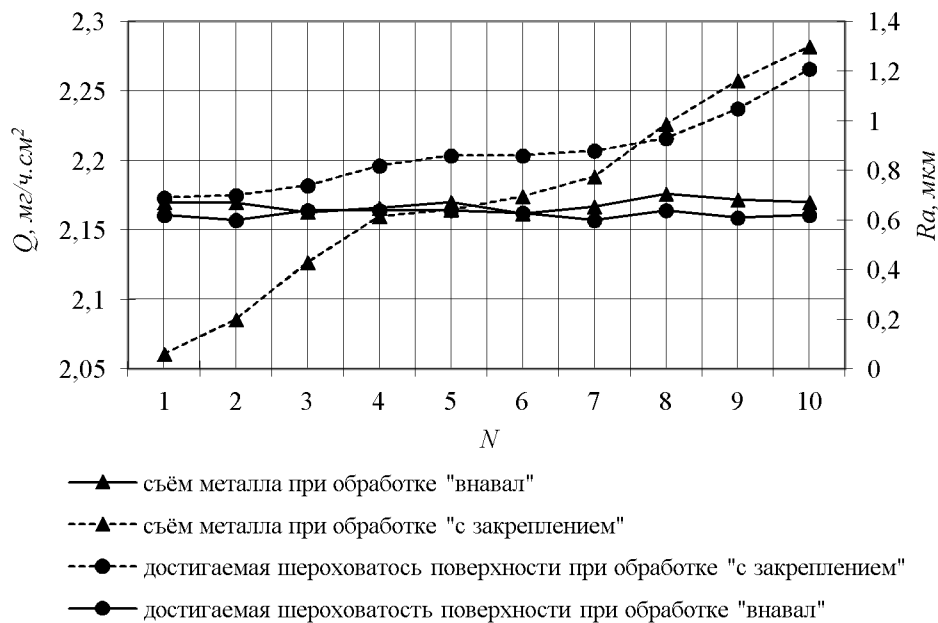


Рис. 1 – Количественная и качественная оценка процесса виброобработки по схемам «внавал» и «с закреплением»

К такой схеме обработки деталей «с закреплением», помимо вибрационного и центробежного способа, следует отнести способ обработки в псевдосжиженной под действием струйного движения потоков жидкости рабочей среды, удобный для наших целей по причине использования мелкодисперсных шлифпорошков и шлифзерна, размеры которых позволяют проникать ко всем труднодоступным участкам обрабатываемой поверхности сложнопрофильных деталей.

Однако применение указанных способов в условиях серийного и массового типа производства для деталей сложной формы не отвечает высокой производительности из-за того, что неподвижно закрепленные на жестких установочных приспособлениях детали подвергаются однонаправленному действию потоков колеблющейся или вращающейся мелкодисперсной рабочей среды. При этом ее объемное динамическое воздействие на поверхности обрабатываемых деталей невелико, чтобы в полной мере воспроизвести процессы микрорезания и упругопластического деформирования, обеспечивающие удаление дефектного слоя металла. Кроме того наблюдается эффект односторонней обработки, а использование множественных установок, соответствующих направлению движения потоков рабочей среды на многоэлементные поверхности обрабатываемых деталей вызывает значительный прирост вспомогательного времени, техническое усложнение и удорожание операций отделочно-зачистной обработки.

Таким образом, сущность классического способа, именуемого объемной вибрационной обработкой, применительно к упомянутым выше деталям, несколько утратила свой технологический смысл и принятые при этом попытки модернизации способа вывели на создание его новых разновидностей, представленных новыми технологиями вибрационной отделочно-зачистной и упрочняющей обработки. Создание новых разновидностей осуществлялось наиболее прогрессивным по мнению авторов путем, состоящим в комбинировании разнообразных, промышленно применяемых, схем энергетического воздействия.

Научная новизна и практическая ценность нововведений проявилась в том, что создание системы развития новых разновидностей способа виброобработки позволила не только совершенствовать его известные технологические возможности, но и создавать

технологии, качественно изменяющие эксплуатационные свойства обрабатываемых деталей и упрощающие выполнение сборочных операций.

На основании априорного анализа применяемых схем энергетического воздействия, а также исследований, проведенных в НИЛ «ОСА» ВНУ им. В. Даля, авторами статьи предлагается вариативная схема комбинирования энергетических воздействий, связанная с техническими решениями новых разновидностей способа виброобработки, в которой учитывается влияние энергетических воздействий только механического происхождения (рис. 2), хотя в практике рассматривается и влияние на требуемый технологический результат обработки различных технологических эффектов, связанных с магнитными, электрическими и другими явлениями [4]. В настоящий момент они не берутся авторами во внимание из-за существенного нагромождения аппаратного оформления процесса и увеличения энергозатрат.

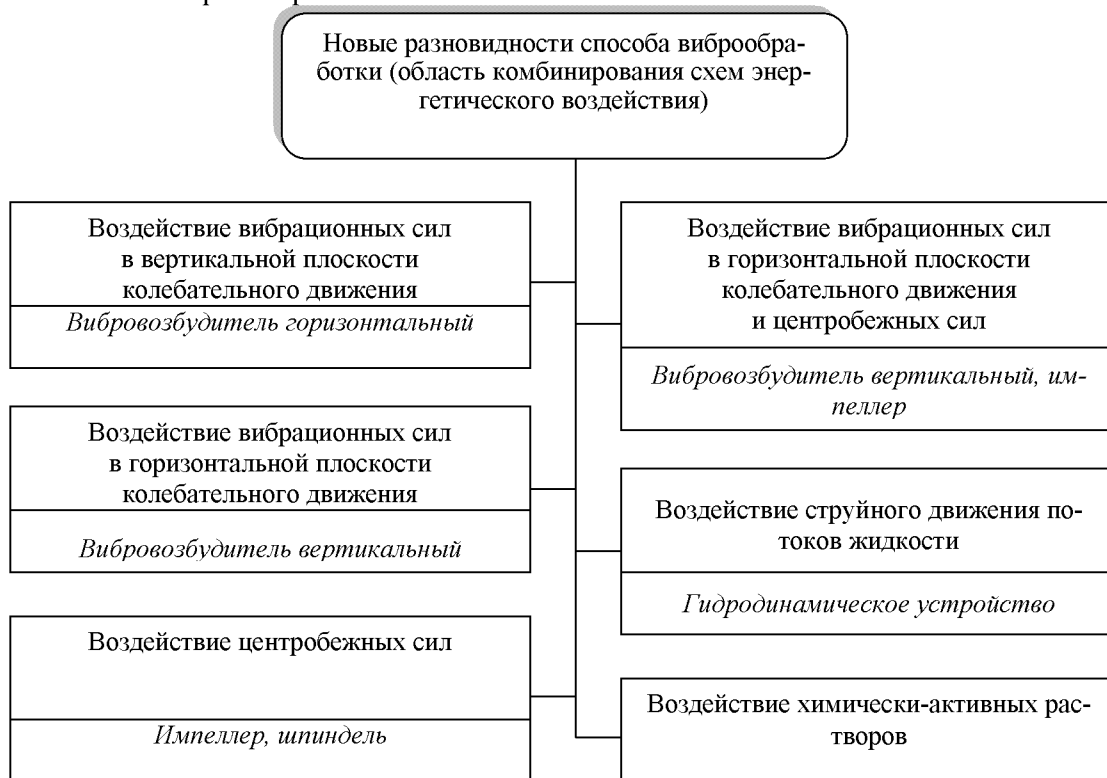


Рис. 2 – Схема комбинирования энергетических воздействий и технических решений новых разновидностей способа виброобработки

Что касается технологического результата вибрационной обработки, то несомненный интерес представляют исследования [8], в которых приводится утверждение о том, что для научно-обоснованного решения проблемы удаления дефектов поверхностей деталей в виде заусенцев необходимо изначально рассматривать условия процесса резания, при которых возникают эти заусенцы, в частности после точения, сверления, фрезерования. Установлено, что при прочих равных условиях для каждого способа обработки резанием заусенцы отличаются как по физической природе их образования, так и по размерам, форме и прочности, что зависит от расположения обрабатываемой поверхности детали по отношению к направлению рабочего движения лезвийного инструмента в процессе резания. Исходя из сказанного в практике металлообработки предложена классификация образования заусенцев в различных условиях процесса резания (рис. 3) [9].



Рис. 3 – Классификация видов заусенцев в различных условиях процесса резания

Анализируя предложенную классификацию, можно отметить, что заусенцы вида *I* и *III* формируются на той поверхности, при обработке которой лезвийный инструмент в процессе резания выходит из контакта с телом детали. При этом заусенцы вида *I* образуются под действием тангенциальной составляющей  $P_z$  силы резания, а заусенцы вида *III* под действием осевой составляющей  $P_x$  силы резания. Заусенцы вида *II*, *IV* и *V* образуются в результате действия радиальной составляющей  $P_y$  силы резания и проявления эффекта Пуассона. Заусенцы вида *V* образуются из-за напряженного деформированного состояния материала детали, подвергаемого динамическому воздействию лезвийного инструмента, а также пластического течения материала детали в направлении режущей кромки инструмента. Заусенцы вида *VI* образуются в тех случаях, когда в процессе резания создаются условия, отвечающие геометрической сумме тангенциальной и осевой составляющих  $P_z$  и  $P_x$  силы резания.

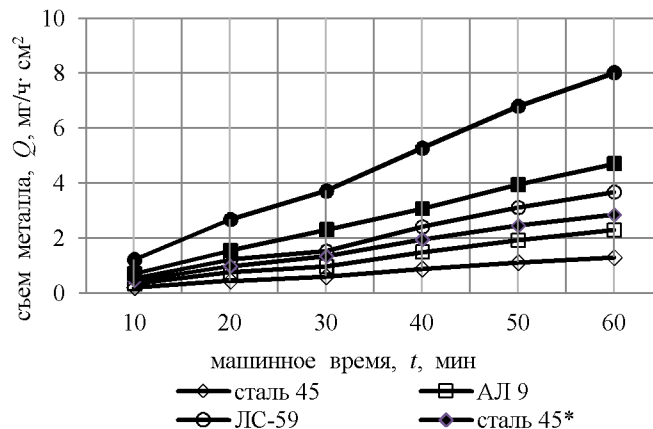


Рис. 4 – Зависимость съема  $Q$  металла от машинного времени  $t$  при вибрационной обработке согласно традиционному способу и новым его разновидностям (\*)

Качественная и количественная интенсификация наблюдается при реализации всех новых разновидностей способа виброобработки, которые сформированы комбинированием схем энергетических воздействий на рабочую среду и обрабатываемые детали. Интенсивность виброобработки согласно ее новым разновидностям возросла в 1,8...2,5 раза в сравнении с классической технологией, более или менее успешно применяемой для широкой номенклатуры деталей машиностроительных производств. Для иллюстрации дано графическое сравнение зависимости съема металла от машинного времени при использовании классической технологии виброобработки и ее новой разновидности, характеризующейся усилением энергетического воздействия вибрационных сил на рабочую среду и детали (рис. 4) [3].

Подводя итог, необходимо подчеркнуть, что технологически и экономически целесообразное удаление выделенных нами дефектов, приобретенных обрабатываемыми поверхностями детали от предшествующих операций обработки резанием, в каждом конкретном случае обязательно соответствует выбору того или иного нового способа вибрационной отделочно-зачистной и упрочняющей обработки, полученного путем комбинирования схем энергетических воздействий, согласно схеме (см. рис. 2). Рациональный выбор новой разновидности способа виброобработки неразрывно связан, во-первых, с требуемым технологическим результатом обработки, а во-вторых, с исходным состоянием поверхности обрабатываемых деталей, в том числе со сложностью ее формы, физико-механическими свойствами материала деталей и характеристиками приобретенных ранее дефектов поверхности. Такой комплексный подход к использованию новых разновидностей способа виброобработки, созданных по принципу комбинирования схем энергетического воздействия, получит описание и научное обоснование в дальнейших теоретических и экспериментальных исследованиях авторов и цикле их научных публикаций.

**Список литературы:** 1. *Бабичев А.П.* Технологическое применение колебаний или ... вибрационные технологии / *А.П. Бабичев* // Вестник ДГТУ. – 2005. – Т. 5, № 3 (25). – С. 289 – 301. 2. *Смоленцев Е.В.* Классификация комбинированных методов обработки / *Е.В. Смоленцев* // Вестник ДГТУ. – 2010. – Т. 10, № 1 (44). – С. 76 – 79. 3. *Мицук А.В.* Пути интенсификации вибрационной отделочно-зачистной обработки комбинированием схем энергетических воздействий на рабочую среду и детали / *А.В. Мицук, В.А. Федорович* // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – 2011. – № 6 (83). – С. 26 – 34. 4. *Бабичев А.П.* Основы вибрационной технологии / *А.П. Бабичев, И.А. Бабичев*. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008. – 694 с. 5. *Gillespie, LaRoux, Deburring and Edge Finishing Handbook*, SME, Dearborn, MI, 1999. 6. *Машиностроение. Энциклопедия* / Ред. совет: *К.В. Фролов* (пред.) и др. – М.: *Машиностроение. Технология изготовления деталей машин Т. III – 3* / *А.М. Дальский, А.Г. Суллов, Ю.Ф. Назаров* и др. Под общ. ред. *А.Г. Суллова*. 2006. 840 с. 7. *Мицук А.В.* Эффективность новых разновидностей способа вибрационной обработки деталей / *А.В. Мицук, В.А. Федорович* // *Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: зб. наук. пр. Донбаської машинобуд. акад.* – Вип. 29. – Краматорськ, 2011. – С. 37 – 44. 8. *Барон Ю.М.* Проблема кромок и заусенцев, тенденции ее решения в мире // Доклады Науч.-тех. семинара по технологии финишной обработки. АМО. – София, Болгария, 2001. 9. *Yu. M. Baron* The Classification of Edge Defects and its Connection with the Burr Problem. // 4<sup>th</sup> International Conference on Precision Surface Finishing and Burr Technology. – Bad Nauheim, Germany, 1996. P. 32–35.

Надійшла до редколегії 23.10.2012

УДК 621.9.048

**Развитие новых технологий вибрационной отделочно-зачистной и упрочняющей обработки деталей общемашиностроительного применения / Мицук А.В., Федорович В.А.** // *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях – Харків НТУ «ХПІ»*. – 2012. – № 47(953). – С. 226-233 – Бібліогр.: 9 назв.

Наведено передумови розвитку нових технологій вібраційної оздоблювально-зачищувальної обробки, проєктованих комбінуванням різних схем енергетичної дії стосовно корпусних та типу тіл

обертання деталей складної форми. Запропоновано та обгрунтовано вибір схеми обробки деталей «з закріпленням». Представлена класифікація утворення задирок у різних умовах процесу різання лезвийним інструментом. Розроблена варіативна схема комбінування енергетичних дій та технічних рішень у нових технологіях оздоблювально-зачищувальної обробки.

**Ключові слова:** вібраційна обробка, номенклатура деталей, задирка, гострі крайки, обробка «з закріпленням», класифікація, енергетична дія, інтенсивність процесу.

The predictions of development of new technologies of vibration finishing-grinding treatment which are designed by combining of different circuits of energetic action relatively to stationary base members and rotating parts of complicated shape, have been given. The choice of the circuit of the processing the parts "with fixing" has been offered and based. The classification of burr's formation in various conditions of cutting process by metal-cutting tools has been presented. The variative circuit of combining the energetic actions and technical solutions in new technologies of finishing-grinding treatment has been developed.

**Keywords:** vibration treatment, nomenclature of the parts, burrs, sharp edges, treatment "with fixing", classification, energetic action, intensity of process.

УДК 621.923

**Ф. В. НОВИКОВ**, докт. техн. наук, проф., ХНЭУ, Харьков,

**О. С. КЛЕНОВ**, канд. техн. наук, ООО Фирма "ДиМерус Инженеринг", Харьков

### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ**

Произведен расчет и теоретический анализ силы резания, возникающей при механической обработке материалов, с использованием фундаментальных методов теории упругости и на этой основе показана эффективность применения режущих инструментов, обладающих повышенной прочностью и износостойкостью. Даны конкретные практические рекомендации. Ил.: 4, Библиогр.: 5 назв.

**Ключевые слова:** механическая обработка, режущий инструмент, сила резания, напряжение, прочность

**Вступление.** Обработка металлов резанием, по-прежнему, является основным методом формообразования поверхностей деталей машин, обеспечивающим высокие показатели качества, точности и производительности обработки. Особенно это относится к процессам резания инструментами из синтетических сверхтвердых материалов и с износостойкими покрытиями, которые обладают высокой режущей способностью и стойкостью. Это позволяет существенно уменьшить силы и температуру резания, повысить качество и точность обрабатываемых поверхностей. Вместе с тем, для эффективного использования данных инструментов необходимо знать их технологические возможности и оптимальные условия обработки. Это требует разработки более совершенной методики расчета силы резания, являющейся, по сути, основным параметром процесса резания.

**Анализ последних исследований и литературы.** В научно-технической литературе приведены теоретические решения по определению силы резания при механической обработке [1-3]. Однако они получены на основе упрощенного представления процесса резания с позиции сопротивления материалов. Поэтому важно их уточнить с позиции теории упругости. Это позволит научно обоснованно подойти к решению задач по совершенствованию процесса и расширению его технологических возможностей, т.к. для решения данных задач важно располагать глубокими знаниями о физической сущности процесса и условиях снижения его силовой напряженности.

**Цель исследования, постановка проблемы.** Цель работы – определение силы резания при механической обработке и условий ее уменьшения. Для этого решается проблема аналитического определения силы резания с использованием фундаментальных методов теории упругости.

© Ф. В. Новиков, О. С. Кленов, 2012