

Для снижения воздействия СОЖ в условиях его использования на предприятиях машиностроения следует:

1. Соблюдать меры безопасности при хранении и транспортировании СОЖ.
2. Заменять СОЖ на менее вредные для здоровья материалы и контролировать качество используемой СОЖ.
3. Соблюдать повышенные меры безопасности при эксплуатации и замене СОЖ, а также выдерживать требуемые сроки замены СОЖ.
4. Совершенствовать технологические процессы и операции с использованием СОЖ, достигая минимального количества используемой СОЖ или полного отказа от использования СОЖ.
5. Совершенствовать процесс утилизации СОЖ.

Проведённый анализ позволяет прийти к выводу, что в условиях машиностроительных предприятий наибольшие перспективы имеет исследование и внедрение методов уменьшения использования СОЖ и отказа от СОЖ при проведении технологических операций. Помимо решения проблем охраны труда и экологии, внедрение данных методов дает и ощутимые экономические выгоды.

### *Литература*

1. Хамидуллова Л. Р., Васильев А. В. Воздействие СОЖ предприятий машиностроения как проблема техносферной безопасности // Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ЕЛРПТ 2009.–2009.– С. 290-295.

2. Тлехусеж М. А., Сороцкая Л. Н., Солоненко Л. А. Экологически чистые СОЖ для обработки металлов резанием // Фундаментальные исследования.–2015.–Т.4.–№.7.–с. 727-730.

3. Мельникова Д. В., Волков Д. А. Анализ токсикологического воздействия смазочно-охлаждающих технологических средств промышленных предприятий на организм человека и окружающую среду // Фундаментальные исследования. – 2014. – Т. 7. – №. 11.- с. 1555-1559

УДК 621.9.04

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ КРЕПЕЖНЫХ ОТВЕРСТИЙ НА СТАНКЕ С ЧПУ КОМБИНИРОВАННЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ**

*Ажар А.В., Шейбак Д.В.*

*Белорусский национальный технический университет  
e-mail azhar.a@bntu.by*

**Summary.** *It is proposed to use the possibilities of kinematics of modern CNC machines to expand the scope of combined and multifunctional processing. A project is proposed for machining fastening holes in the "Bracket" part of a MAZ car on a 4-axis machining center with combined tools. Achieved reduction of the nomenclature of tools, piece time and unit power by more than 2 times. A model of a balanced assembled drill-counterbore tool with an inclined socket under the peripheral plate is proposed. Analysis of the static characteristics of the model obtained by the finite element method (FEM) showed a decrease in deformation and equivalent stresses on the cutting part of the tool.*

Механическая обработка путем совмещения операций и переходов комбинированным инструментом является наиболее эффективным методом повышения производительности. Такой вид обработки на традиционных агрегатных станках и токарных автоматах потерял

актуальность в связи с сокращением номенклатуры изделий крупносерийного и массового производства. Стратегия комбинированного резания получила новое «дыхание» на оборудовании для комплексной (фрезерно-сверлильно-расточной, токарно-фрезерной) многокоординатной обработки специальным цельным и сборным многофункциональным инструментом на основе стандартных и унифицированных элементов (сменных пластин, вставок и модулей). Кинематика современных станков с ЧПУ позволяет синхронизировать работу основных узлов по нескольким координатам одновременно, а также совмещать в одном узле режим дискретного позиционирования и непрерывного движения. Наличие дополнительно управляемых осей существенно расширяет область применения, технологические и конструкторские решения комбинированной обработки.

Применение комбинированного инструмента рассмотрим на примере обработки детали «Кронштейн» 6516V8-2801119-000 (рис.1) из высокопрочного чугуна ВЧ45 ГОСТ 7293-85, применяемой в рамках грузовых автомобилей МА3-6516V8-520 (-540). Обработка осуществляется на 4-хосевом обрабатывающем центре с ЧПУ NBH 6 фирмы Hüller Hille.

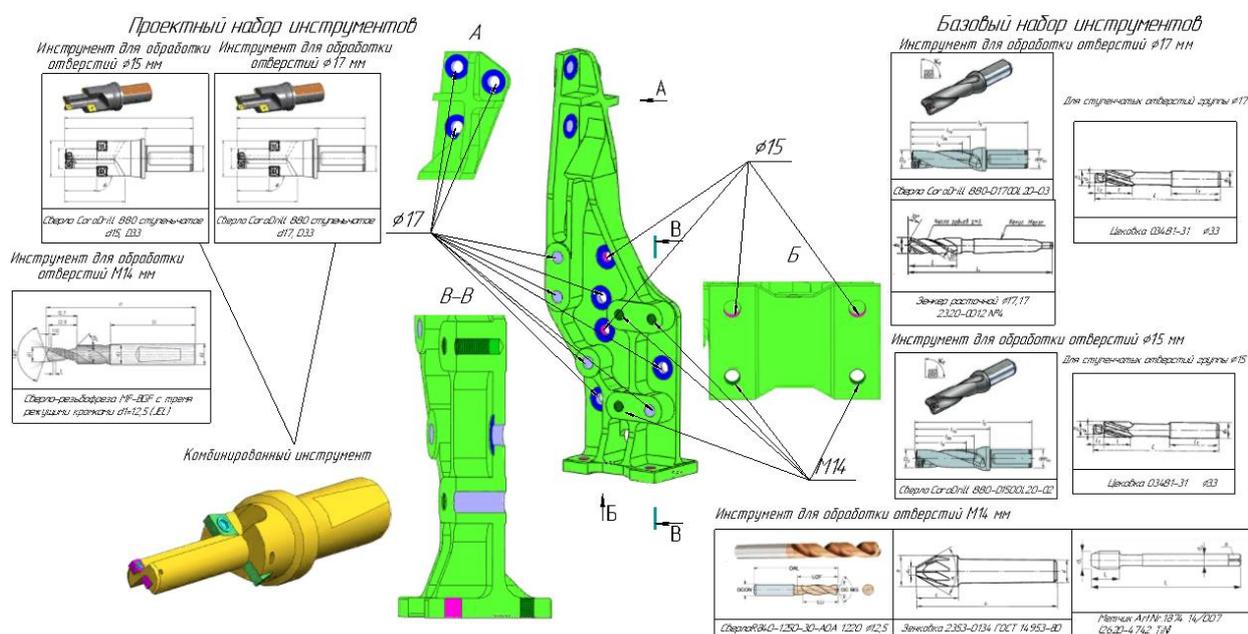


Рисунок 1 – Обработка отверстий в детали «Кронштейн»

Деталь имеет 3 группы отверстий – ступенчатые с торцовкой под крепеж  $\varnothing 15 \text{ H}11^{+0,13} / \varnothing 33$ ,  $\varnothing 17 \text{ H}12^{+0,21} / \varnothing 33$  и резьбовые М14. Базовый вариант обработки состоит из 7-ми инструментов, а проектный – из 3-х. Для проектного варианта обработки разработан комбинированный инструмент (рис.1) способный сверлить ступенчатые отверстия в размер  $\varnothing 15 / \varnothing 33$  (рис.2,а) с последующим рассверливанием группы отверстий  $\varnothing 17 / \varnothing 33$  методом круговой интерполяции со смещением инструмента с оси отверстия (рис.2,б). Спроектированный сборный инструмент имеет 4-е пластины. Две из них расположены на 1-ой ступени ассиметрично с перекрытием сечения среза при сверлении отверстий  $\varnothing 15$ . Периферийная пластина также рассверливает отверстия  $\varnothing 17$ . Еще две пластины расположены на 2-ой ступени симметрично в поперечном сечении и торцуют опорную поверхность под крепеж  $\varnothing 33$  методом цекования. Обеспечение точности обработки отверстия достигается уменьшением неуравновешенной равнодействующей  $R$  сил резания  $P_z$  и  $P_y$  в плоскости перпендикулярной оси инструмента путем наклона гнезда под периферийную пластину 1-ой ступени в продольном направлении (рис.2,в). МКЭ анализ статических характеристик твердотельной модели показал уменьшение деформации и эквивалентных напряжений на режущей части

инструмента (рис.3, табл.1). В результате чего можно прогнозировать повышение стойкости и увеличение точности обработки ступенчатых отверстий.

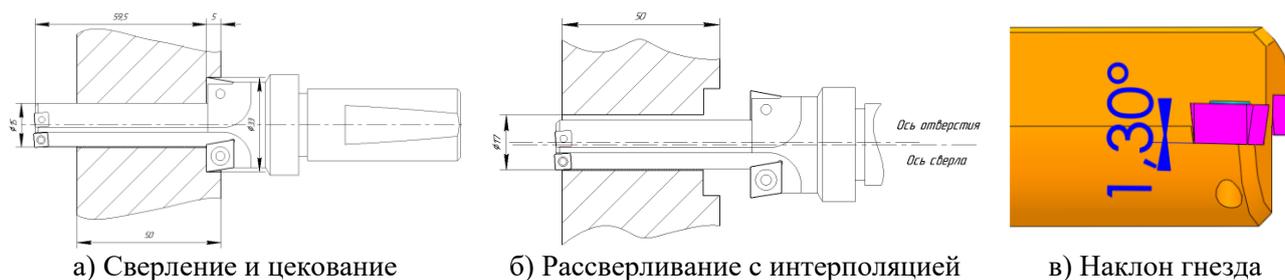


Рисунок 2 – Схема конструкции и возможности проектируемого инструмента

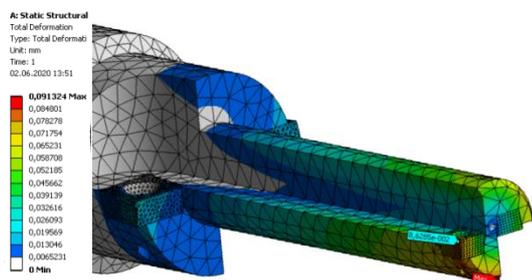


Рисунок 3 – Полная деформация инструмента при сверлении

Таблица 1 – Результаты исследований сверла МКЭ

Наименования характеристики	Наклон гнезда под пластину	
	0°	1,3°
Деформация, мм:		
радиальная	0,0041	0,0023
осевая	0,0144	0,0102
тангенциальная	0,0904	0,0860
полная	0,0896	0,0862
Экв. Напряжения, Мпа	1843,6	258,9

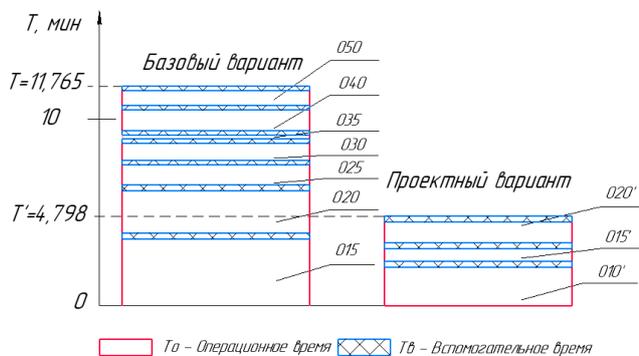


Рисунок 4 – Сравнения вариантов обработки по штучному времени

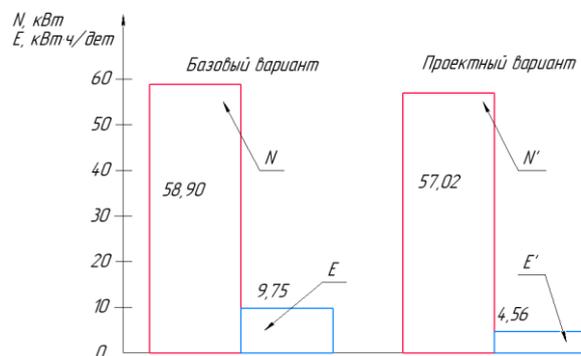


Рисунок 5 – Сравнения вариантов обработки по мощности резания и удельным энергозатратам

Сравнение единичных технико-экономических показателей, производительности и энергозатрат при обработке отверстий (рис. 4, 5) подтверждает эффективность применения новых методов резания, оборудования и инструмента. Так наряду с сокращением номенклатуры инструментов, почти в 2,5 раз уменьшается штучное время, в 2 раз падают удельные энергозатраты на обработку детали ( $E = (N \cdot T) / n_{дет}$ , где  $T$  – в часах,  $n_{дет}$  – количество деталей), при сохранении мощности резания ( $N$ ). Данные выводы подтверждают эффективность метода многофункциональной комбинированной обработки резанием крепежных осесимметричных и резьбовых поверхностей на станках с ЧПУ.