УДК 621.9.02
DOI: 10.30987/article_5b86566c31b754.37647845

А.В. Хандожко, Д.И. Говоров

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К РЕЖУЩЕМУ ИНСТРУМЕНТУ И ИХ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НА ШЛИФОВАЛЬНО-ЗАТОЧНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ

Рассмотрены вопросы повышения требований к режущим инструментам, вызванные появлением новых конструкционных материалов и ужесточением требований к точности и качеству поверхностей обрабатываемых деталей. В этой связи отмечены особенности концевого режущего инструмента, а также влияние качества его заточки на эксплуатационные свойства. Рассмотрены технологические возможности шлифовально-заточного оборудования с ЧПУ при изготовлении и заточке концевого режущего инструмента, существующие ограничения и пути их устранения.

Ключевые слова: концевой режущий инструмент, функциональные требования, фрезерно-шлифовальный станок с ЧПУ.

A.V. Khandozhko, D.I. Govorov

FUNCTIONAL REQUIREMENTS TO CUTTERS AND THEIR SUPPORT ON NC GRINDING-SHARPENING MACHINES

The paper deals with the problems of the quality assurance of an end cutter at its manufacturing (and sharpening) of one-piece blank on NC grinding-sharpening machines. The quality of basic and sharpening operations defines mainly operation properties of an end cutter. But an automation level of corresponding engineering procedures on domestic engineering enterprises is not high. The reasons of the situation taking place consist in the absence of modern domestic equipment, software and experts of the essential qualification.

Within the limits of the solution of the problems mentioned above at the department “Machine-Tools and Tools” of the FSBEI HVT “Bryansk State Technical University” there are carried out investigations to update technologies for machining profile surfaces of end tools on NC grinding-sharpening machines with the purpose of the development of technological solutions replicated and a corresponding program-methodical complex.

Key words: end cutter, functional requirements, NC milling and grinding machine.

Состояние инструментального производства и организация обслуживания инструмента являются показателями технологического уровня всего промышленного комплекса страны. Это обусловлено их мощным инновационным влиянием на индустриальное развитие государства, поскольку они, имея не только общемашиностроительный, но и межотраслевой характер, направлены на опережающее создание новых материалов и технологий обработки [1]. Металлообрабатывающее оборудование сегодня все чаще рассматривается с точки зрения наличия или отсутствия технологических ограничений на применяемый режущий инструмент, а уровень производительности и качества обработки определяется в первую очередь свойствами режущего инструмента.

Развитие инструментальной промышленности в современных условиях обусловлено усилением конкуренции на мировых рынках. Основной задачей предприятий в таких условиях становится выпуск высококачественной продукции при жесткой экономии материальных ресурсов. Очевидно, что повышение качества выпускаемой продукции невозможно без совершенствования методов обработки и конструкций режущего инструмента [2]. По подсчетам АО «Станкопром» [3], объем годового потребления инструмента российской промышленностью в денежном эквиваленте составляет 60 млрд руб. и только, к сожалению, 1-2 млрд руб. из этой суммы приходится на отечественную продукцию. Таким образом, все современные машиностроительные производства, осуществляющие технологическую модернизацию, оказываются почти полностью зависимыми от импортного инструмента [4].

В то же время многолетний накопленный опыт отечественной промышленности показывает, что декларируемые вы-

сокие характеристики дорогостоящего импортного инструмента могут быть обеспечены только в специально созданных условиях, достаточно далеких от сложившихся реалий. Объективно рассматривая экономические и организационно-технические аспекты применения зарубежной продукции, необходимо оценивать возможность ее высокопрофессиональной эксплуатации и многократного восстановления, затратность и окупаемость. При этом следует учитывать, что зарубежные конкуренты не заинтересованы в поставках специальных прецизионных инструментов малыми партиями (5–15 штук). Кроме того, многие из условий эффективности зачастую вполне выполнимы при использовании отечественного инструмента – с учетом рациональной логистики, оптимизации маркетинга и проведения технологического аудита на предприятии [1].

Таким образом, одной из наиболее острых проблем российского машиностроительного комплекса является освоение производства широкой номенклатуры металлорежущего инструмента (в том числе из наноструктурных материалов, твердых сплавов и др.) при обеспечении отечественных инструментальных производств (различных по форме и масштабам) необходимыми технологиями и оборудованием для изготовления и сопровождения всего жизненного цикла этого инструмента.

Так как в большинстве случаев именно режущий инструмент придает заготовке нужную форму и размеры, то его работоспособность и надежность оказывают непосредственное и существенное влияние на экономическую эффективность машиностроительного производства. Основные требования, предъявляемые к режущим инструментам, определяются исключительно их служебным назначением - способностью выполнять заданные функциональные действия с минимальными затратами за весь период эксплуатации. При этом сами требования носят комплексный характер и предусматривают:

- принципиальную возможность осуществления процесса резания обрабатываемой заготовки (обеспечивается физико-механическими свойствами материала режущей части инструмента, а также правильным выбором ее геометрических параметров);

- получение требуемой формы, размеров и качества обработанной поверхности детали (обеспечивается конструкцией инструмента, а также особенностями его заточки, крепления, базирования и регулирования на размер);

- экономическую эффективность режущего инструмента, которая определяется производительностью обработки и ее себестоимостью (в свою очередь, производительность неразрывно связана с режимами обработки (величиной скорости резания, подачей и глубиной резания), а себестоимость обработки детали зависит как от конструктивных особенностей инструмента, так и от трудоемкости его изготовления и от возможности восстановления режущих свойств в ходе эксплуатации).

Требования, предъявляемые к режущему инструменту, постоянно повышаются, что связано с появлением новых конструкционных материалов и существенным ужесточением требований к качеству и точности функциональных поверхностей обрабатываемых деталей. В итоге это создает объективную необходимость улучшения механических, физических и режущих свойств инструментальных материалов (таблица), а также совершенствования технологий изготовления режущих инструментов.

Из всего многообразия режущего инструмента самое пристальное внимание, как со стороны потребителей, так и со стороны предприятий-производителей, традиционно уделяется концевому инструменту (концевые фрезы, сверла, развертки, зенкеры и др.). Это связано с разнообразием функционального назначения и специфическими особенностями концевого инструмента, которые заключаются в следующем:

- наличие в конструкции нескольких одновременно работающих режущих кромок, что предполагает высокие требования к геометрическим параметрам режущей части при изготовлении и заточке;

- наличие сложных винтовых поверхностей с высокими требованиями к

качеству (точности и шероховатости), обеспечивающих беспрепятственное удаление стружки из зоны резания;

- в случае сборной конструкции инструмента – наличие соединения рабочей части с хвостовиком, что повышает сложность изготовления инструмента и устанавливает к нему дополнительные требования по надежности, точности и эффективности;

- особые требования к жесткости, что обусловлено удалением (часто значительным) точки приложения результирующей силы резания от места закрепления инструмента;

- повышенные требования к общим геометрическим размерам инструмента, обеспечивающим возможность его высокоточной установки и оперативной настройки на выполняемый размер.

В значительной степени эксплуатационные свойства концевого инструмента (стойкость, производительность резания, степень чистоты и точности обрабатываемой поверхности) определяются качеством его заточки. Основным требованием к заточке является воспроизводимость геометрических характеристик рабочих поверхностей (как на одном инструменте, так и на группе однотипных инструментов, использующихся для выполнения конкретной операции) с целью обеспечения единых условий применения инструмента и стабильности получаемых результатов (по точности и качеству обрабатываемых поверхностей).

Таблица

Механические, физические и режущие свойства инструментальных материалов (средние значения) [5]

Марка материала	Механические свойства			Ударная вязкость, Нм/см^2	Физические свойства		Режущие свойства		
	Твердость HRA	Предел прочности, Н/мм^2			Теплопро-водность, м·град	Плотность, кг/м^3	Теплостойкость, °С	Относительная величина скорости резания	
		изгиб	сжатие					сталь	чугун
Инструментальная углеродистая сталь									
У12А	80	3140	3920	–	63	7,8	220	0,5	0,5
Инструментальная легированная сталь									
9ХС	80	3140	3920	–	41,8	7,7	220	0,6	0,6
ХВГ									
Быстрорежущая сталь									
Р18	82	3620	3720	8,72	21	8,7	600	1,0	1,0
Вольфрамовые твердые сплавы									
ВК8	87,5	1370	–	5,88	58,7	14,6	850	–	2,9
ВК6	88,5	1240	4900		63	14,8	900		3,4
Титано-вольфрамовые твердые сплавы									
Т5К5	88,5	1174	–	–	33,5	12,7	900	3,0	–
Т14К8	89,5	1174	2940	2,94	29,3	11,7	900	3,5	
Т15К6	90	1126	3920	2,45	29,3	11,3	950	4,5	
Т30К4	92	882	–	–	21	9,6	1000	5,5	
Минералокерамика									
ЦМ-322	92	294 - 392	3430	0,784	16,7	3,9	1200	5,8	5,8
Кубический нитрид бора									
Эльбор	98	1500	н/д	н/д	н/д	3,5	1200	8	8
Гексанит		н/д	н/д	н/д	н/д	3,3	900		
Синтетический алмаз									
АС	100	3500	2000	н/д	н/д	3,5	800	–	6

Процесс заточки концевых инструментов на отечественных предприятиях до сих пор слабо автоматизирован, что, с одной стороны, объясняется дороговизной оборудования с ЧПУ, сложностью соответствующих технологий и отсутствием опыта их применения, а с другой – усугубляется отсутствием достаточного числа специалистов необходимой квалификации.

Вместе с тем требования к заточке осевого инструмента могут быть эффективно обеспечены при использовании современного шлифовально-заточного оборудования с ЧПУ, которое в силу своих уникальных особенностей, несмотря на отмеченные проблемы, получает все большее распространение на отечественных машиностроительных предприятиях.

В качестве особенностей шлифовально-заточных станков с ЧПУ следует отметить следующие их технологические возможности [6]:

- обработка (вышлифовка и/или затачивание) концевых цилиндрических, конических, радиусных, дисковых отрезных фрез, сверл, метчиков, разверток и другого инструмента, функциональные поверхности которого формируются высокостойкими алмазными и эльборовыми шлифовальными кругами из цельных стальных и твердосплавных заготовок;

- шлифование профилей дисковых кулачков, боковых поверхностей червяков, цилиндрических зубчатых колес, пазов делительных дисков, выполнение других подобных операций;

- заточка абразивным кругом однозаходных насадных прецизионных червячных фрез, а также специальных многозаходных насадных и хвостовых червячных фрез, в том числе с закрытыми стружечными канавками.

Весь процесс обработки может быть смоделирован до начала обработки заготовки на станке, при этом оператор имеет возможность визуально наблюдать на экране системы ЧПУ весь процесс и корректировать программу. Такое преимущество снижает вероятность появления брака и исключает пробную обработку на моделях. Кроме того, программное обеспечение позволяет просмотреть сечения инструмента, форму и геометрию канавки, распознать возможные столкновения круга. Используя систему координат монитора, оператор может промерить значения углов и параметров.

Следует отметить, что широкое применение шлифовально-заточных станков с ЧПУ кроме их высокой стоимости сдерживается еще и отсутствием необходимой инфраструктуры (инженерного, организационного, программного и методического обеспечения).

Однако, несмотря на отмеченные проблемы, данное направление получает все большее развитие у нас в стране. Так, в результате работ, выполняемых совместно ОАО «ВНИИинструмент», ОАО «НИТИ «Микрон» и МГТУ «Станкин», создан новый многокоординатный шлифовально-заточной станок с ЧПУ, который по основным потребительским свойствам соответствует мировым аналогам и предназначен для изготовления широкой номенклатуры металлорежущего инструмента, в том числе из наноструктурных, ультрадисперсных и субмикронных твердых сплавов, а также для переточки (восстановления режущих свойств) концевых твердосплавных фрез, спиральных сверл и др. На станке можно производить прецизионную обработку поверхностей, описываемых различными математическими зависимостями (например винтовых стружечных канавок концевых инструментов) [7].

На кафедре «Металлорежущие станки и инструменты» ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет» ведутся исследования по совершенствованию технологии обработки профильных поверхностей осевых инструментов на шлифовально-заточных станках с ЧПУ с целью разработки тиражируемых технологических решений и соответствующего программно-методического комплекса. В рамках выполняемых исследований предполагается:

- определить виды режущего инструмента, формообразование которых возможно и целесообразно осуществлять на шлифовально-заточных станках с ЧПУ, выполнить их классификацию по установленным критериям;

- разработать методику компьютерного проектирования чертежей выбранных

видов режущего инструмента с использованием 3D-моделирования, удовлетворяющую требованиям потребителя и являющуюся основой для последующего решения кинематических задач;

- выполнить обобщение форм производящих поверхностей режущих инструментов, позволяющее обрабатывать выбранные виды режущего инструмента с использованием единого программного комплекса, построенного на основе общей информационной базы;

- разработать общую математическую модель, позволяющую спроектировать профиль винтовой канавки для обработки шлифовальным кругом стандартного профиля и определить технологические параметры установки шлифовального круга относительно заготовки;

- определить режимные параметры при формообразовании выбранных видов режущих инструментов;

- разработать программный продукт для создания управляющих программ для формообразования выбранных видов режущих инструментов на шлифовально-заточных станках с ЧПУ и выполнить его апробацию в условиях промышленного производства.

В настоящее время осуществляется теоретический этап исследований.

Таким образом, анализ целесообразности и возможности совершенствования в условиях отечественных предприятий технологий обработки профильных поверхностей концевых инструментов на шлифовально-заточных станках с ЧПУ с целью разработки тиражируемых технологических решений позволяет сделать следующие выводы:

1. Изготовление режущих инструментов и обеспечение их заточки в процессе эксплуатации является важнейшей составляющей технической подготовки производства, определяющей в конечном итоге качество выпускаемой продукции. Использование шлифовально-заточных станков с ЧПУ – одно из основных современных направлений развития комбинированных технологий изготовления и заточки концевых режущих инструментов.

2. В настоящее время отсутствует серийное производство отечественных шлифовально-заточных станков с ЧПУ и необходимого к ним программного обеспечения. Поэтому реализация, в том числе в рамках программ импортозамещения, мероприятий, связанных с разработкой технологий обработки на шлифовально-заточных станках с ЧПУ, является одной из актуальных задач отечественного машиностроения.

3. Для достаточно большого числа концевых режущих инструментов (сверла, зенкеры, фрезы) отсутствуют схемы формообразования и математические зависимости, описывающие эти схемы с целью реализации на металлорежущем оборудовании с ЧПУ. В связи с этим разработка соответствующего алгоритмического, программного, информационного обеспечения является важной научной задачей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уданович, М.Р. Инструментальное обеспечение высокотехнологичных производств: состояние, проблемы, перспективы / М.Р. Уданович // Металлообработка. – 2008. – № 5. – С. 40-41.
2. Максимов, Ю.В. Основные проблемы производства цельного концевого твердосплавного инструмента на станках с ЧПУ / Ю.В. Максимов, П.И. Емельянов // Известия МГТУ «МАМИ». – 2012. – № 2 (14). – Т. 2. – С. 130-134.
3. Импортозамещение в инструментальной отрасли // Умное производство. – 2016. – № 3 (35). – С. 75-77.
4. Зубарев, Ю.М. Современное состояние и перспективы развития инструментального производства / Ю.М. Зубарев // Справочник. Инженерный журнал. – 2013. – № 3. – С. 29-34.
5. Зубарев, Ю.М. Современные инструментальные материалы / Ю.М. Зубарев. – СПб.: Лань, 2008. – 224 с.
6. Протасьев, В.Б. Состояние производства современного металлорежущего инструмента в России / В.Б. Протасьев, В.В. Истоцкий // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2013. – Вып. 8. – С. 223-231.
7. Боровский, Г.В. Многокоординатный шлифовально-заточной станок с ЧПУ для изготовления инструмента из наноструктурных твердых сплавов / Г.В. Боровский, С.Н. Григорьев, Е.А. Негинский, А.В. Власенков, А.Ф. Пылькин // Комплект: ИТО. – 2011. – № 6. – С. 8-10.

1. Udanovich, M.R. Instrument support of science intensive production: state, problems, outlooks / M.R. Udanovich // *Metal Working*. – 2008. – No.5. – pp. 40-41.
2. Maksimov, Yu.V. Basic problems in manufacturing one-piece end hard-alloy tool on NC machines / Yu.V. Maksimov, P.I. Emeliyanov // *Proceedings of MSTU "MAMI"*. – 2012. – No.2 (14). – Vol.2. – pp. 130-134.
3. Import substitution in tool manufacturing // *Intelligent Production*. – 2016. – No.3(35). – pp. 75-77.
4. Zubarev, Yu.M. Current state and outlooks of tool manufacturing development / Yu.M. Zubarev // *Reference Book. Engineering Journal.* – 2013. – No.3 – pp. 29-34.
5. Zubarev, Yu.M. *Modern Tool Materials* / Yu.M. Zubarev. – S-Pb.: Lan, 2008. – pp. 224.
6. Protasiev, V.B. State in manufacturing modern cutters in Russia / V.B. Protasiev, V.V. Istitsky // *Proceedings of Tula SU. Engineering Sciences.* – 2013. Issue.8. – pp. 223-231.
7. Borovsky, G.V. NC Multiaxes grinding-sharpeing machine for manufacturing nano-structural hard alloy tools / G.V. Borovsky, S.N. Grigoriev, E.A. Neginsky, A.V. Vlasenkov, A.F. Pylkin // *Set: ITS.* – 2011. – No.6. – pp. 8-10.

Статья поступила в редколлегию 21.06.18.
Рецензент: д.т.н., профессор ООО «Газпром ВНИИГАЗ» Семенцев А.М.

Сведения об авторах:

Хандожко Александр Владимирович, д.т.н., нач. отдела ОМТО, профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Брянского государственного технического университета, e-mail: msi@tu-bryansk.ru.

Говоров Дмитрий Игоревич, аспирант кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Брянского государственного технического университета, e-mail: dmitry.govorov@mail.ru.

Khandozhko, Alexander Vladimirovich, D. Eng., Head of the Dep. MTS, Prof. of the Dep. "Machine-Tools and Tools", Bryansk State Technical University, e-mail: msi@tu-bryansk.ru.

Govorov Dmitry Igorevich, Post graduate student of the Dep. "Machine-Tools and Tools", Bryansk State Technical University, e-mail: dmitry.govorov@mail.ru.