



Рис. 3 – 2 собственная форма колебаний

Рис. 4 – 5 собственная форма колебаний

Выводы. Проведенные исследования показали, что численный метод анализа МКЭ достоверно воссоздает технологические процессы ультразвуковой сварки и раскатки. Дальнейшим направлением исследований является использование современных методов оптимизации и анализа чувствительности сложных конечно элементных моделей при поиске оптимальных параметров технологических процессов обработки.

Список литературы: 1. Тимофеев Ю.В., Фадеев В.А., Степанов М.С., Назаренко С.А. Обобщенная структура жизненного цикла машиностроительного производства и его изделий // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків, НТУ «ХПІ». – 2009. – № 1. – С. 86 – 95. 2. Flager F. Multidisciplinary process integration and design optimization of a classroom building / F Flager, B Welle, P Bansal, G Soremekun, J Haymaker // Journal of Information Technology in Construction (ITcon). – 2009. – Vol. 14. – P. 595 – 612. 3. Li M. Optimal uncertainty reduction for multi-disciplinary multi-output systems using sensitivity analysis / M. Li; J. Hamel; S. Azarm // Structural & Multidisciplinary Optimization. – 2010. – Vol. 40. P. 77 – 96.

Bibliography (transliterated): 1. Timofeev, Ju. V., et al. "Obobshhennaja struktura zhiznennogo cikla mashinostroitel'nogo proizvodstva i ego izdelij." Kharkov. *Visnik NTU «KhPI»*. No. 1. 2009. 86–95. Print. 2. Flager, F., et al. "Multidisciplinary process integration and design optimization of a classroom building." *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*. Vol. 14. 2009. 595–612. Print. 3. Li, M., J. Hamel and S. Azarm. "Optimal uncertainty reduction for multi-disciplinary multi-output systems using sensitivity analysis." *Structural & Multidisciplinary Optimization*. Vol. 40. 2010. 77–96. Print.

Поступила (received) 20.10.14

УДК 621.9.025

Ю. Г. ГУЦАЛЕНКО, ст. науч. сотр., НТУ «ХПІ»

АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И РАСЧЕТ РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ НИТРИДБОРНЫХ СВЕРХТВЕРДЫХ КОМПОЗИТОВ

Рассматривается проблема сравнения эксплуатационных возможностей инструментальных материалов в условиях использования каждого из них в своей рекомендуемой области и в своей системе нормативных режимов резания и нормативной

© Ю.Г. Гуцаленко, 2014

стойкости. Предложена аналитическая модель и выполнен расчет рейтинговой оценки для стандартной группы сверхтвердых композитов на основе кубического нитрида бора.

Ключевые слова: кубический нитрид бора, сверхтвердые композиты, эксплуатационные возможности, рейтинговая оценка

Введение и постановка задачи. Синтетические сверхтвердые материалы на основе кубического нитрида бора, открытого в 1957 году *Робертом Венторфом* для американской многоотраслевой корпорации *Дженерал Электрик*, и в нынешнем веке продолжают оставаться топ-уровневым товаром инструментального назначения на мировом рынке техники и технологий механической обработки [1].

Поданная преподнесенным данной статье заголовком задача рейтинговой оценки эксплуатационных возможностей инструментальных материалов возникает, в частности, при выборе объектов обработки для формирования баз данных экспертных систем поддержки внедрения в промышленность новых и перспективных технологий механической обработки, в современном ряду которых достойное место занимает алмазно-искровое шлифование [2].

Конкретным посылом к такому исследованию в данном случае послужила разработка экспертной системы прогнозирования шероховатости труднообрабатываемых материалов после алмазно-искрового шлифования. Эта разработка является составляющей задания на выполнение в НТУ «ХПИ» в 2013-2014 гг. темы М2240 «Разработка технических решений специальной модернизации универсальных станков и технологических баз данных для алмазно-искрового шлифования труднообрабатываемых материалов» (номер государственной регистрации 0113U000425).

В рамках этой разработки, преимущественно исследующей технологические возможности метода алмазно-искрового шлифования применительно к формообразованию украинских режущих пластин (АТП, разработчик – Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины), возникла необходимость обоснованного выбора некоторого базового представителя среди нитридборных сверхтвердых композитов как потенциальной технологической альтернативы алмазным, наиболее очевидной в особенности в обработке сталей, химический состав которых роднит с алмазом углерод в различных аллотропах, и это родство приносит известные ограничения теплофизической природы в технологические возможности механического контакта алмаза при резании стали. В открытых источниках информации такая постановка задачи или данные, прямо удовлетворяющие разрешению задачи в такой постановке, отсутствуют.

В выполняемой разработке априорно постулируется приоритетность стандартных баз данных.

Стандартные основы и концепция модели. Межгосударственный стандарт [3] рассматривает применение семи основных нитридборных сверхтвердых композитов (табл. 1). В соответствие каждой из этих инструментальных альтернатив стандартом [3] оговорена рекомендуемая область применения.

Условия испытаний и рассчитываемые показатели		Марка композита					
		01, 02	05	06	10Д	11	Томал-10
Твердость обрабатываемой стали, НРС ₃	Нижн. граница	63	54	63	59	61	56
	Верхн. граница	61	52	61	57	56	50
Процесс резания	Характер				С ударом		
	Скорость (v), м/мин			75	60	110	90
	Подача (S_o), мм/об	0,20	0,15	0,10	0,07		0,10
	Глубина (t), мм	0,8	2,0	0,5	0,4	0,5	1,0
Стойкость, мин	Средняя, T_{cp}	20	15	40	30	60	50
	95%-ная, $T_{95\%}$	8	6	16	12	24	20
Расчетные относительные оценки	k_Q	0,53	1	0,17	0,07	0,24	0,4
	k_T	0,33	0,25	0,67	0,5	1	0,83
	k_W	0,53	0,75	0,33	0,11	0,73	1

Выбор конкретной марки одним из объектов исследований шероховатости после алмазно-искрового шлифования в ряду других нитридных альтернатив алмазным инструментальным материалам следует связывать с эксплуатационными предпочтениями. О них можно судить, например, по стандартному регламенту испытания пластин на стойкость [3]. Из этого регламента следует (табл. 1), что при одной и той же частоте n_o (об/мин) вращения шпинделя обрабатываемой детали (конкретно угловая скорость подачи [3] не оговаривается) в испытаниях рассматриваемых нитридных режущих пластин «свой» норматив стойкости каждая марка должна обеспечивать с некоторой «своей» производительностью обработки, определенной строго оговоренными режимами проведения испытаний. Значения подачи S_o ($n_o = const$) в табл. 1 приведены для испытаний пластин круглой формы, при работе с многогранными пластинами эти значения уменьшаются против табличных с коэффициентом пропорциональности от 0,5 (для пластин правильной трехгранной формы) до 0,75 (для квадратных пластин).

Граничные значения заданных режимами резания производительностей обработки в проведении стойкостных испытаний композитов в рассматриваемой группировке, даже при исключении из сравнительного рассмотрения режимных условий осуществления процесса резания с ударом (в испытании композита 10Д), для безударных рабочих процессов отличаются почти в 6 раз (в сопоставлении для композитов 05 и 06, см. табл. 1).

Несмотря на то, что объекты обработки композитов 05 (наиболее производительного) и 06 (наименее производительного из рекомендуемых к работе без удара) отличаются соответственно наиболее низкой и наиболее высокой твердостью, логику «чем ниже твердость обрабатываемой стали, тем выше производительность ее обработки нитридным композитом» в нашем рассмотрении разрушает испытательская практика композитов 01 и 02 в

обработке сталей столь же высокого диапазона по твердости, что определен и наименее производительному из безударно работающих композиту 06. Заданная производительность резания в стойкостных испытаниях композитов 01 и 02 (см. табл. 1) превосходит определенную композитам 11 и Томал-10 в обработке существенно менее твердых сталей соответственно более чем в 2 раза и на четверть, т. е. весьма значимо.

Следовательно, стандартная практика стойкостных испытаний по [3] весьма затрудняет ясный учет твердости обрабатываемого материала (стали) в построении расчетной модели функционального рейтинга рассматриваемых нитридных композитов. Поэтому, исходя из проведенного предварительного анализа и из постановочно принятой приоритетности именно стандартных баз данных [3] в определении взаимосвязей расчетной модели, учетом твердости обрабатываемого материала в ней пренебрегаем.

Однако, поскольку установленный [3] регламент проведения испытаний на стойкость исходит из неравных нормативов стойкости для рассматриваемых нитридных композитов, см. табл. 1, то приведенная там же (табл. 1) информация о результатах расчета относительной номинальной производительности

$$k_Q = Q_i / Q_{\max}, \quad (1)$$

где

$$Q = v S_o n_o t, \quad (2)$$

т. е. $Q \sim v S_o t$ при $n_o = \text{const}$, недостаточна для интегральной оценки сравнительной работоспособности рассматриваемых композитных пластин между сменами.

В качестве такой оценки обратимся к относительному съему припуска k_W , произведенному за нормативный период стойкости T (мин), средний или на 95% гарантированный пластинам в партиях, чьи представители прошли испытания (табл. 1):

$$k_W = W_i / W_{\max}, \quad (3)$$

где

$$W = Q \cdot T. \quad (4)$$

С учетом (1) и (2), после аналогично (1) введения

$$k_T = T_i / T_{\max}, \quad (5)$$

получаем:

$$k_W = k_Q \cdot k_T. \quad (6)$$

Рейтинг. В табл. 1 представлены результаты расчетов k_T и k_W . Полученные из расчетной модели (6) результаты после ранжирования отражают функциональный рейтинг рассматриваемых нитридных композитов по критерию максимума ожидаемого съема рекомендуемой к обработке стали. Рейтинговый ряд из семи рассмотренных нитридных сверхтвердых композитов представляет следующую последовательность (в порядке убывания расчетных значений рейтинговой оценки; см. табл. 1): 1) композит Томал-10; 2) композит 05; 3) композит 11; 4-5) композиты 01 и 02; 6) композит 06; 7) композит 10Д.

Выводы. 1. Предложена опирающаяся на стандартную методику стойкостных испытаний режущих пластин из сверхтвердых материалов аналитическая модель (6) рейтинговой оценки работоспособности лезвийных инструментов. 2. Разработка реализована на примере группы композитов из нитридных сверхтвердых материалов (композиты 01, 02, 05, 06, 10Д, 11, Томал-10) с использованием баз данных режимов резания и нормативов их стойкостных испытаний по межгосударственному стандарту ([3]). 3. Из аналитической модели (6) рейтинговой оценки рассматриваемых по [3] нитридных сверхтвердых композитов и результатов расчетов по ней (табл. 1) предпочтение первого порядка в исследовательской и последующей промышленной практике заслуживает композит Томал-10.

Список литературы: 1. Инструменты из сверхтвердых материалов : [Справочник] / Под. ред. Н. В. Новикова и С. А. Клименко. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2014. – 608 с. 2. Гуцаленко Ю. Г. Исторический опыт и современные перспективы алмазно-искрового шлифования / Ю. Г. Гуцаленко // Техника и технологи : пути инновационного развития : Сб. науч. тр. 4-ой междунар. науч.-практ. конф. 30 июня 2014 г., посвящ. 50-летию Юго-Зап. гос. ун-та, г. Курск, Россия. – Курск : Юго-Зап. гос. ун-т, 2014. – С. 264–270. 3. Пластины режущие сменные из сверхтвердых материалов. Технические условия : ГОСТ 28762-90 [Межгос. стандарт]. Введ. 1991-07-01. – Переизд. – М. : Стандартинформ, 2005. – 25 с.

Bibliography (transliterated): 1. Bogatyreva, G. P., et. al. *Instrumenty iz sverhtverdyh materialov*. Ed. N. V. Novikov and S. A. Klimenko. 2nd ed. Biblioteka instrumental'shika. Moscow, Mashinostroenie, 2014, 608 p. Print. 2. Gutsalenko, Yu. G. "Istoricheskij opyt i sovremennye perspektivy almazno-iskrovogo shlifovanija" *Tehnika i tehnologii: puti innovacionnogo razvitiija*. Proceedings. The 4th scientific-practical conference dedicated to the 50th anniversary of the Southwest State University. June 30, 2014. Kursk, Russia. 264–270. Print. 3. *Plastiny rezhushhie smennye iz sverhtverdyh materialov. Tehnicheskie uslovija*. GOST 28762-90. Moscow, Standartinform, 2005, 25 p. Reprint.

Поступила (received) 10.10.2014