

Вывод.

Анализ хода нелинейного расчета позволил отметить ряд особенностей по отношению к линейной задаче. Основным является необходимость более тщательного сгущения сетки на первом этапе в области, в которой могут наблюдаться существенные нелинейные эффекты. Важным здесь является такая степень начальной густоты сетки, при которой стабилизируется качественный характер картины зон пластических деформаций. В противном случае границы фрагмента приходится настолько удалять от зоны уточнения напряженного состояния, что теряется смысл использования метода кинематической декомпозиции. Кроме того, границы области фрагментов определяются не только соотношениями густоты сетки, но желательно, чтобы они проходили по сечениям, которые не пересекают (или практически не пересекают) границы зон пластических деформаций.

Библиографический список:

1. Панасюк Л.Н., Труфанова Е.В. Уточнение напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов методом декомпозиции // Материалы Международной научно-практической конференции «Строительство – 2011». Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2011.
2. Панасюк Л.Н., Акопян В.Ф., Акопян А.Ф. Чантха Хо. Новые виды свай. [Электронный ресурс]//«Инженерный вестник Дона», 2011, №2. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2011/437>.
3. Панасюк Л.Н., Семененко А.И., Акопян В.Ф., Акопян А.Ф. Монолитная и сборно-монолитная разновидности винтовой сваи АКСИС. [Электронный ресурс]//«Инженерный вестник Дона», 2012, №4 (часть 2). – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1241>.

УДК 621.882.085/.086.004

Алиомаров Л.М., Вагабов Н.М., Курбанов А.З.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И СТОЙКОСТИ КОМБИНИРОВАННОГО ИНСТРУМЕНТА ЗЕНКЕР-МЕТЧИКА

Aliomarov L.M., Vagabov N.M., Kurbanov A.Z.

STUDY AND OPTIMIZATION OF EFFICIENCY AND DURABILITY COMBINED TOOL CORE DRILL-TAP

Проведенные комплексные исследования позволили выявить факторы, влияющие на износ и стойкость метчиковой части комбинированного

инструмента, для чего была изучена и оптимизирована кинетика его износа. Изучено влияние износа инструмента на геометрические показатели нарезаемой резьбы, а также на производительность, величину крутящего момента. Определены основные факторы, влияющие на производительность процесса обработки резьбы. В результате проведенных исследований было установлено, что основными факторами являются скорость резания (V), предел временного сопротивления обрабатываемого материала и угол обратного конуса δ . С целью оптимизации этих параметров был проведен полнофакторный эксперимент. На основании полученных данных была построена графическая модель области оптимума, которая позволяет определять основные параметры обработки (V и ϕ) в зависимости от предела прочности обрабатываемого материала и характеристики стойкости и производительности инструмента.

Ключевые слова: резьба, зенкер-метчик, технология, исследование, инструмент, технологические свойства, скорость, производительность, качество, шероховатость, износ.

The integrated studies identified factors influencing wear resistance of tapping and part of the combined tool, which has been studied and optimized its kinetics. The influence of tool wear on geometrical figures thread, performance, torque. The main factors influencing the performance of processing threads. As a result of the study, it was found that the main factors are the cutting speed (V) limit the temporary σ resistance of the material to be processed and the reverse cone angle δ . In order to optimize these parameters a full-factorial experiment. On the basis of the received data was built a graphical model of the optimum, which allows you to define basic settings for processing (V , ϕ), depending on the ultimate strength of the material and shows the kind of stability and performance of the tool.

Key words: carving, core drill-tap, technology, research, tool, technological properties, the speed, performance, quality, roughness, wear.

Маломангнитные, нержавеющие и жаропрочные стали аустенитного, мартенситного, перлитного классов получили широкое применение в судостроении, дизелестроении и авиастроении для изготовления теплонагруженных элементов: деталей шатунно-поршневой группы, вихревых вставок, клапанов дизелей и др., технология которых предусматривает большую долю резьбонарезных операций. Эти стали и сплавы обладают специфическими, физико-химическими, механическими, технологическими свойствами (табл.1), ввиду чего, их обработка не подчиняется известным законам формообразования конструкционных материалов [5].

К особенностям маломангнитных жаропрочных сталей, вызывающих ухудшение обрабатываемости резанием, следует отнести их высокую склонность к наклёпу (степень упрочнения в зоне резания достигает 100....150 %) и свативанию.

К этому следует добавить, что низкая теплопроводность маломангнитных, жаропрочных сталей способствует уменьшению теплоотвода из зоны

обработки, что, соответственно, оказывает неблагоприятное влияние на износ и стойкость инструмента.

Таблица 1 - Технологические и механические свойства труднообрабатываемых сплавов

№ п/п	Материал	Предел текучести МПа	Временное сопротивление, МПа	Относительное удлинение %	Относительное сужение %	Ударная вязкость кси/см дж/см ²	Коэф. обработки по отношению к стали	
							45	12X18H10
1	12X18H10T	196-294	600-850	55-45	55-45		0,5	1,0
2	20X13 (ЭЖ20)		850	20			0,7	1,4
3	10X18H12M3T Л (ЭИ432)	280-350	600	60-45	60-45		0,32	0,9
4	40X5B2ФС		1960		33	2,5	0,35	0,6
5	X17C2		1000	10	40	30	1,45	0,8
6	BT5		750-960	10	25	3-6	0,25	0,5
7	14X17H2 (ЭИ267)		1070-1274	10		5,5	0,5	1,0
8	H24XГ	294-441	686-882	15-30	30-40		0,27	0,55
9	BT6		950-1000	10	30		0,2	0,45
10	XH77TЮР		1000	20	21		0,16	0,32
11	Г13	1049	402	68	44		0,1	0,4

Работа метчиков, в силу специфики резбонарезания, в этих металлах и сплавах протекает в очень трудных условиях: в процессе одновременно участвуют много режущих кромок, значительна площадь контакта инструмента с обрабатываемым материалом, как в зоне резания, так и по боковым поверхностям, затруднён доступ СОЖ (смазочно-охлаждающая жидкость), чрезмерны силовая и температурные нагрузки. Всё это способствует интенсивному износу, а также вызывает защемление режущих зубьев во впадинах резьбы, что приводит к поломке метчиков.

Так, статистика расхода метчиков на многих машиностроительных предприятиях показывает, что поломки и выкрашивания метчиков при нарезании резьб малых диаметров М6...М16 в маломангнитных, нержавеющей и жаропрочных материалах на 60-70% выше, чем при нарезании резьб в углеродистых сталях.

Для снижения силовой нагрузки метчиков и их износа, устранения защемления во впадинах резьбы, а также повышения стойкости, разработаны метчики с удлиненной режущей частью, с шахматным расположением зубьев, скорректированные, с трехступенчатой заборной частью, острозатылованные и с криволинейной заборной частью [3].

Эти метчики обладают рядом достоинств по сравнению со стандартными, но окончательно не решают проблему производительного и качественного нарезания резьбы в жаропрочных сталях, в связи, с чем требуются дальнейшие исследования по разработке новых, более совершенных конструкций метчиков.

Для создания такого инструмента необходимо более глубокое изучение технологических процессов резьбонарезания, позволяющих выработать научно обоснованные пути повышения производительности и улучшения качества обработки жаропрочных сталей и сплавов.

Анализ литературных данных и проведенных исследований показал, что известные технологии не обеспечивают качественные, производительные нарезания резьб малых диаметров в труднообрабатываемых материалах. И для решения данной задачи для обработки резьбовой поверхности маломангнитных, жаропрочных, нержавеющей сталей и сплавов необходимо интенсифицировать исследования по созданию новой технологии, основанной на применении более совершенной конструкции инструмента и рациональных режимов обработки. В связи с этим на кафедре технологии и методики обучения Дагестанского государственного педагогического университета (ДГПУ) разработана технология, основанная на применении комбинированного зенкера-метчика, обеспечивающее качество и производительность резьбообработки [2].

Проведенные исследования в лаборатории резания кафедры технологии и методики обучения ДГПУ, а также производственные испытания в ООО «М.Гаджиева» комбинированного инструмента зенкер – метчика показали эффективную его работу, выражаемую качественным (точностным) нарезанием резьбы и повышением производительности резьбонарезания.

Для определения жизнеспособности нового инструмента необходимо было изучить и оптимизировать кинетику износа его основной-метчиковой части с тем, чтобы иметь возможность прогнозировать ресурсоспособность разработанного инструмента. Без подобного анализа задача внедрения инструмента в производство (особенно автоматизированное) могла оказаться рискованной.

Стойкостные исследования проводили при нарезании резьбы в сквозных отверстиях ($l=1,5d$) в образцах из стали I2XI8N10T с различными скоростями обработки.

Замер текущего износа метчиков по всем режущим зубьям заборного конуса осуществлялся через строго определенное число резьбонарезаний.

Установлено, что износ метчика происходит одновременно по наружному диаметру зубьев в заборной части (затыловочной поверхности), по передней поверхности, по профилю резьбы. Наблюдается также округление режущих зубьев режущей части.

Лимитирует износ по наружному диаметру зубьев заборной части метчиков. Износ по наружному диаметру отдельного режущего зуба заключается в образовании на затыловочной поверхности конического участка, сопряженного с передней поверхностью определенным радиусом. Наибольший износ наблюдается по уголкам зубьев, на пересечении главной и вспомогательных задних поверхностей.

На рис.1 показана кинетика износа режущих зубьев метчика при нарезании резьбы в образцах стали I2XI8N10T с различными скоростями, откуда видно, что в начальный момент износ быстро возрастает (до 0,15 мм), а затем он стабилизируется (образуется площадка при $\Delta=0,18\div0,2$ мм) и после этого вновь

прогрессирует (до 0,3 мм).

Такое поведение можно объяснить тем, что в начале протекают интенсивные процессы приработки инструмента, затем, в результате увеличения твердости режущих кромок фасок метчика из-за явлений наклепа, износ резко сокращается, после продолжительной работы в связи со структурными изменениями, вызванными тепловым воздействием на режущие кромки, фаски, твердость инструмента падает и износ резко возрастает.

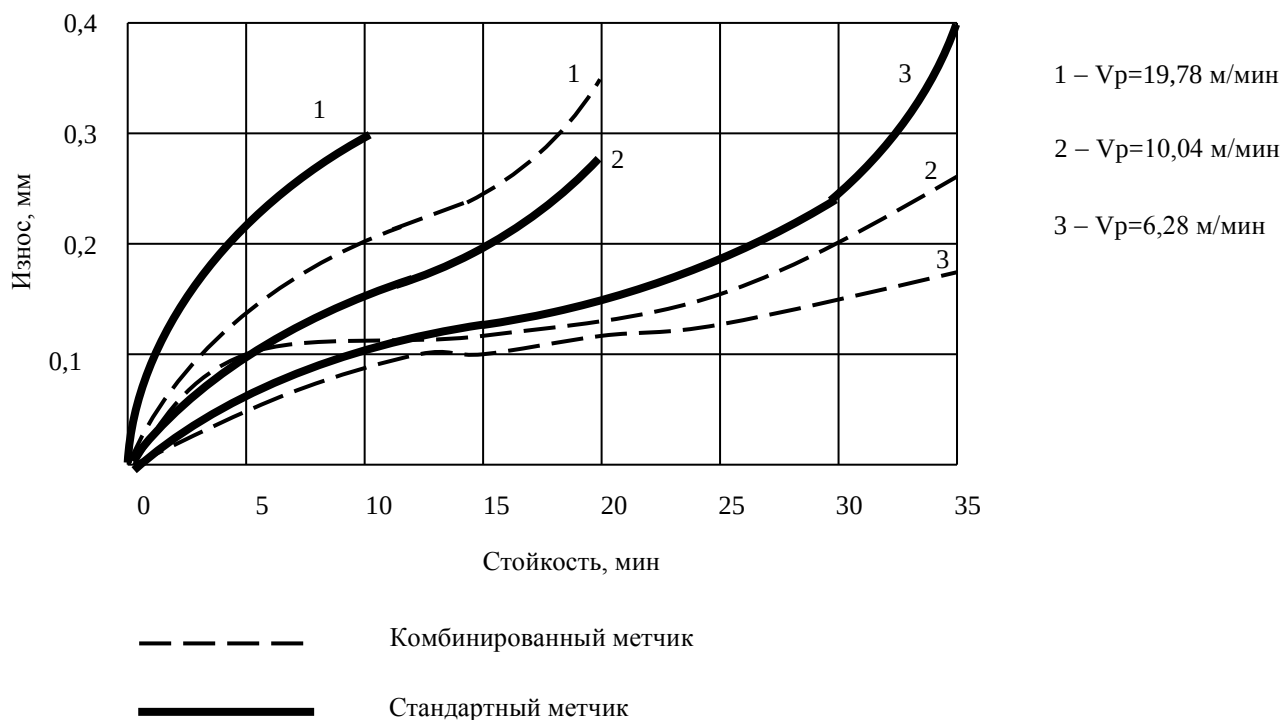


Рисунок 1 - Кинетика износа режущих зубьев метчика при нарезании резьбы на стали 12Х18НЮТ

Из приведенных данных вытекает, что длина площадки на рис.1 сильно зависит от скорости резания: чем больше скорость резбонарезания, тем короче площадки.

Весьма существенное влияние на стойкость и износ инструмента оказывают состав и свойства обрабатываемого материала. Экспериментальные исследования по изучению влияния состава и свойств обрабатываемых материалов на стойкость комбинированного инструмента показывают, что наименьший износ и наибольшую стойкость имеет инструмент при нарезании резьбы в стали полуферритного класса (20х13).

Повышение степени легирования аустенита приводит к ухудшению обрабатываемости стали и снижению стойкости инструмента.

Из рис.2 видно, что, например, при нарезании резьбы в стали ЭИ654 зуб метчика имел износ 0,35 мм за 120 резбонарезаний, в то время как на стали 12Х18Н10Т эта величина износа формировалась только после 360 резбонарезаний.

Коэффициент обрабатываемости по скорости резания для стали ЭИ654 по

отношению к стали 12Х18К10Т составляет 0,46.

Износ инструмента оказывает решающее влияние не только на геометрические показатели нарезаемой резьбы, но и влияет на его производительность, величину крутящего момента и, следовательно, склонность к поломке.

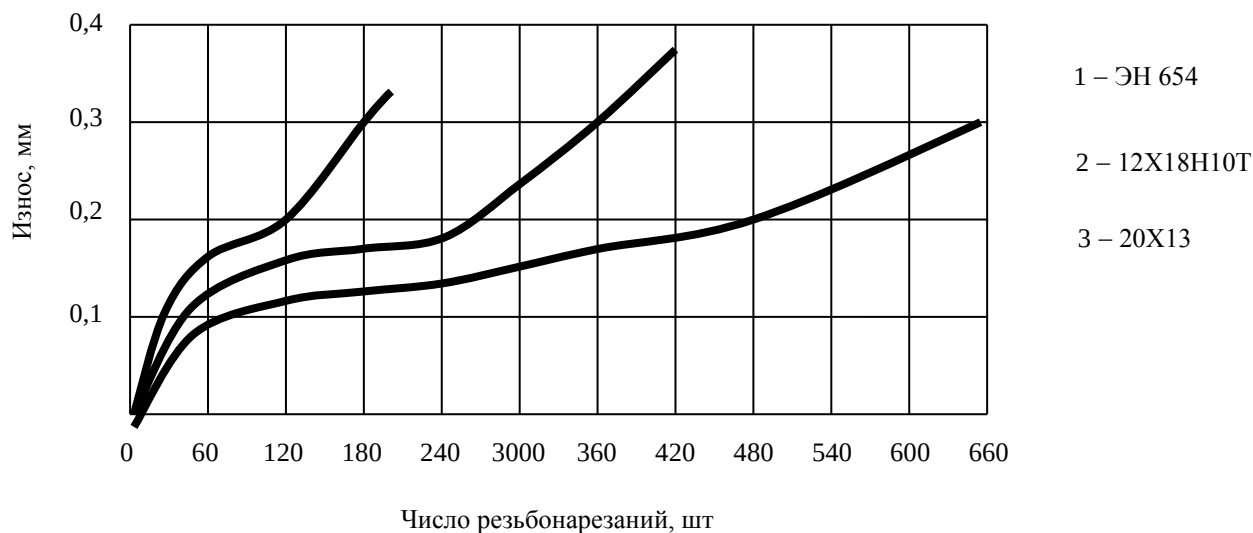


Рисунок 2 - Влияние состава обрабатываемого материала на износ и стойкость резбонарезной части комбинированного инструмента $V=6,28$ м/мин, М14х1,5

Последнее объясняется тем, что износ метчика прогрессирует по затылку зуба, при этом происходит увеличение контактной площади и крутящий момент интенсивно возрастает.

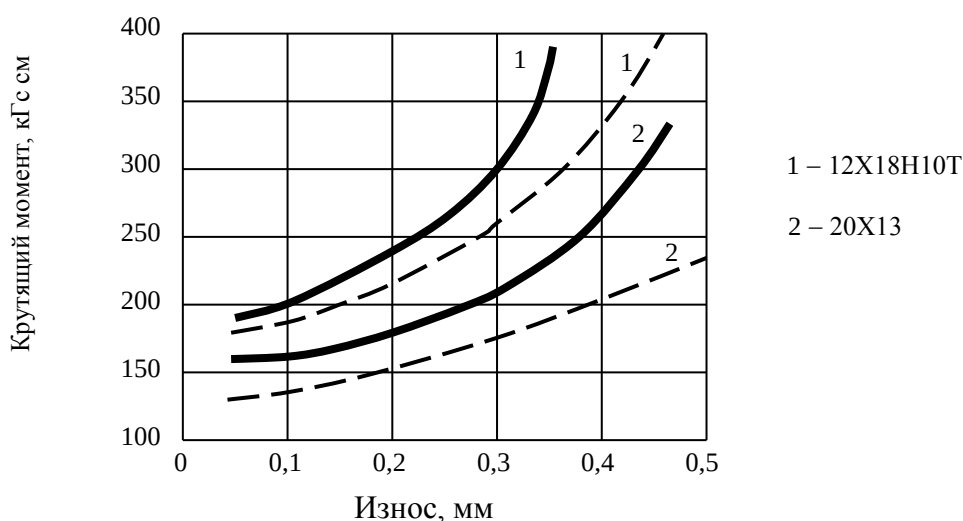


Рисунок 3 - Влияние износа метчика $M_{кр}$ (М14х1,5)

На рис.3 представлены результаты исследований по определению влияния величины износа зуба метчиковой части комбинированного и стандартного

инструментов на значение $M_{кр.}$, откуда видно, что при малых износах ($\Delta < 0,20$ мм) для стали 20Х13 и 12Х18Н10Т прирост $M_{кр.}$ для опытного и стандартного инструментов составляет, соответственно, 10, 20 и 20, 35%.

Увеличение износа до 0,35 мм вызывает резкий рост $M_{кр.}$ и причем у комбинированного инструмента этот прирост более умеренный. Ввиду отмеченного, допустимый износ следует ограничить значением $0,25 \div 0,3$ мм [1].

Исходя из современного представления механизма потери режущих свойств метчиков можно полагать, что основными факторами, влияющими на производительность процесса обработки резьбы, является скорость резания – V (м/мин), предел временного сопротивления δ_b (н/мм²) обрабатываемого материала и угол заборного конуса ϕ метчика. С целью оптимизации этих параметров был проведен полный факторный эксперимент 2.

В качестве параметра оптимизации (Y) принята стойкость метчиков. Переменные факторы V , δ_b и ϕ условно обозначены через X_1 , X_2 , X_3 . Стойкость инструмента в логарифмических координатах описана уравнением регрессии вида:

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + \dots + B_n X_n \quad (1)$$

Для построения матрицы эксперимента по каждому переменному фактору был определен основной уровень и шаг варьирования с учетом технологических возможностей оборудования.

На основании полученных экспериментальных данных вычислены коэффициенты по формуле:

$$B_i = \frac{\sum Y_i X_{i,j}}{N} \quad (2)$$

где $j = 0, 1, 2, \dots, k$ – номер фактора;

Y_i – значение функции отклика отдельного опыта.

Полученное уравнение линейной регрессии при решении программы имеет вид (в логарифмических координатах):

$Y = 3,66 - 0,18 X_1 - 0,36 X_2 - 0,05 X_3 - 0,27 X_1 X_2 - 0,01 X_1 X_3 - 0,05 X_2 X_3 - 0,03 X_1 X_2 X_3$ (3).

Значимость коэффициентов уравнения определяем по критерию Стьюдента [4]. Результаты расчетов показали, что доверительный интервал равен $\Delta = \pm 0,002$.

Проверка модели на адекватность (проверка нуль гипотезы) осуществлена по дополнительным опытам, поставленным в центре плана. Эта проверка показала, что модель адекватна принятой, так как расчетный критерий Фишера меньше табличного, т.е.

$$F_{расч} < F_{табл} = 0,8 < 9,1.$$

Из анализа уравнений (3) следует, что стойкость резбонарезного инструмента в равной степени зависит как от основных параметров, так и от их

взаимодействия.

Наибольшее значение стойкости комбинированных метчиков отмечается при одновременном наибольшем количестве обработанных отверстий, что соответствует параметрам $\varphi=7^\circ$; $V=21,9$ м/мин.

На основании полученных данных была построена графическая модель области оптимума (рис.4), которая позволяет определить основные параметры обработки (V и φ) в зависимости от предела прочности обрабатываемого материала и показывает при этом, какую стойкость и производительность обеспечит инструмент.

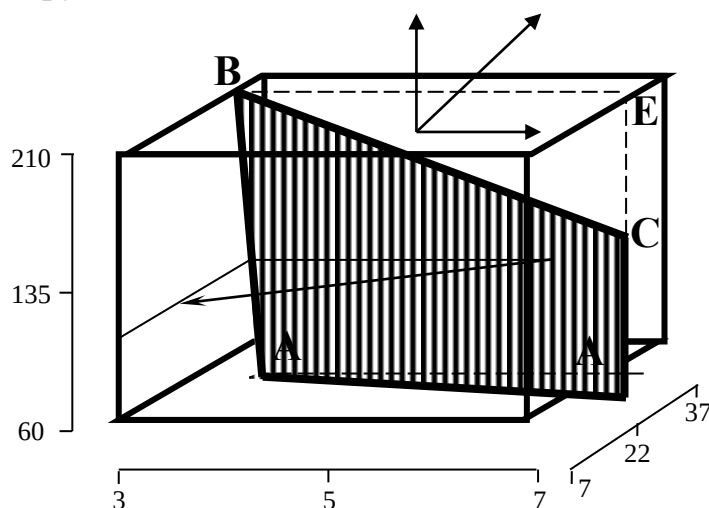


Рисунок 4 - Графическая модель области оптимума

Вывод.

На основании экспериментальных данных получена аналитическая зависимость, позволяющая рассчитать стойкость инструмента [4].

$$T = \frac{L^{2.96} \cdot \delta^{0.21} (\sin \varphi)^{0.16 - 0.00021 \delta}}{V^{0.51 \ln \delta - 2.22}}, \text{ мин.} \quad (4)$$

Библиографический список:

1. Курбанов А.З. Обоснование прогрессивной технологии нарезания резьб в деталях из труднообрабатываемых материалов: Дис...техн.наук. – Ленинград, 1987. – 316 с.
2. Курбанов А.З., Абдуллаев А.В. Метчик для обработки труднообрабатываемых материалов //Авторское свидетельство № 1618535 от 08.09.1990 г.
3. Матвеев В.Н. Нарезание точных резьб. – М.: Машиностроение, 1968. – 114 с.
4. Налымов В.В. Теория эксперимента – М.: Наука, 1971. – 216 С.
5. Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов. – М.: Высшая школа, 1974. – 259 с.