

УДК 621.923

Ф.Н. Канареев, доцент, канд.техн. наук,

А.О. Харченко, доцент, канд. техн. наук,

П.А. Новиков, канд. техн. наук

Севастопольский национальный технический университет,

ул. Университетская, 33, г.Севастополь, Украина, 99053

tm@sevntu.com.ua

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ И КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ПРИ РАБОТЕ РЕЖУЩЕ-ДЕФОРМИРУЮЩИХ МЕТЧИКОВ

Показана методика и результаты исследований стойкости и крутящих моментов возникающих при работе метчиков разных конструкций при обработке резьб МЗ...М6. Осуществлен анализ проведенных исследований, показавший что: стойкость режуще-деформирующих метчиков выше в 6...8 раз стойкости режущих и в 1,8 ...2 раза стойкости деформирующих метчиков при обработке алюминиевых сплавов, характеризующихся высокой степенью адгезии; крутящий момент при работе режуще-деформирующих метчиков ниже на 12 %, чем при работе деформирующих метчиков.

Ключевые слова: метчик, крутящий момент, стойкость

При обработке внутренних резьб в адгезионно активных материалах наблюдается подрезание боковой стороны профиля резьбы, если обработка осуществляется режущим метчиком, либо формирование «кратера» от течения материала на вершине профиля, если используется деформирующий метчик (раскатник). Первая погрешность является результатом образования нароста на передней поверхности метчика, за счет чего увеличиваются геометрические размеры зуба и осуществляется подрезание; вторая погрешность образуется в результате недостаточного объема материала для заполнения профиля, что говорит о завышенном диаметре отверстия под накатывание резьбы с целью избегания заклинивания метчика при обработке отверстия. Для повышения точности формообразования внутренних резьб в деталях из алюминиевых сплавов на кафедре «Технология машиностроения» СевНТУ предложены конструкции режуще-деформирующих метчиков [1, 2].

Для выбора оптимальных режимов резания при эксплуатации метчиков новых конструкций и изучения их стойкостных характеристик, необходимо проведение экспериментальных исследований.

Целью данной статьи является сравнительное исследование стойкости и крутящих моментов при работе метчиков разных конструкций, и на базе анализа полученных данных рекомендация режимов резания при эксплуатации режуще-деформирующих метчиков.

Исследования по определению момента резания – $M_{кр}$ проводились на экспериментальных стендах организованных на базе резбонарезного станка мод. 2054М при обработке глухих отверстий МЗ...М5, и обрабатывающего центра Optimum F 100 CNC для обработки резьб М6 в сквозных отверстиях с повышенными скоростями резания.

Характеристики станков 2054М и Optimum F 100 CNC были проверены на соответствие нормам точности по ГОСТ 8-82. Экспериментальные стенды были оснащены комплексом измерительной аппаратуры: динамометром, источником постоянного тока, регистрирующим аналого-цифровым преобразователем (АЦП), персональным компьютером (ПЭВМ).

Величину крутящего момента $M_{кр}$ оценивали по методике [3]. Для измерений крутящего момента при обработке резьб МЗ...М6 спроектирован и изготовлен однокомпонентный динамометр, обеспечивающий высокую чувствительность и стабильность показаний.

Тарировку динамометра осуществляли статистическим нагружением. Масштаб тарировки определяли аппроксимацией по методу наименьших квадратов. Погрешность измерений составила 0,5 %.

Экспериментальные исследования $M_{кр}$ при образовании внутренних резьб малых диаметров требуют тщательной подготовки и проведения эксперимента из-за малых величин составляющих силы резания (P_z , P_x) и продольной жесткости метчика. При проведении исследований обеспечивалась соосность оси метчика с осью обрабатываемого отверстия (отклонение от соосности сверх допустимых величин вызовет поломку инструмента или внесет существенные погрешности в результаты измерений). Для этого в патроне, установленном на шпинделе станка, закрепляли держатель с индикатором часового типа (ИЧ) по ГОСТ 577-68, а в цанге динамометра – шлифованный валик. Добивались контакта ножки индикатора и валика. Вращали шпиндель станка и по данным индикатора корректировали положение динамометра. После установки и закрепления метчика в патроне проводили проверку его радиального биения. Настройка динамометра осуществлялась по критериям соосности и радиального биения в соответствии с существующими рекомендациями.

Для определения величин крутящих моментов проводили статистическую обработку полученных осциллограмм. Измеряли величины $M_{кр}$ с помощью тарировочного графика.

Для определения закона распределения случайной величины $M_{кр}$ строили гистограммы распределения значений $M_{кр}$.

Дальнейшую обработку полученных результатов производили по известной методике [3] следующим образом:

1) в каждой серии экспериментов определяли модальное значение $M_{кр}$ (наиболее вероятное) – M_0 ;

2) по сериям определяли среднемодальное значение

$$M_0 = \frac{\sum_{i=1}^m M_{0i}}{m}, \quad (1)$$

где M_{0i} – модальное значение для данной i -й серии; m – количество серий;

3) вычисляли дисперсию $D(\bar{M}_0)$:

$$D(\bar{M}_0) = \frac{\sum_{i=1}^m (M_{0i} - \bar{M}_0)^2}{m-1} \quad (2)$$

4) определяли доверительный интервал с принятой доверительной вероятностью:

$$\varepsilon = t_{\beta} \sqrt{\frac{D(\bar{M}_0)}{m}}. \quad (3)$$

Анализ осциллограмм, характеризующих изменение крутящего момента в процессе образования резьбы в зависимости от метода, марки обрабатываемого материала и типа отверстия (сквозное или глухое), показывает следующее:

1) при обработке сквозных отверстий режущими метчиками имеет место резкое возрастание крутящего момента при вхождении первых 3 – 4-х зубьев заборного участка в контакт с обрабатываемой поверхностью, дальнейшее возрастание крутящего момента при контактировании всех зубьев заборного участка, более плавное увеличение крутящего момента при последующем контактировании зубьев калибрующего участка и резкое уменьшение при выходе зубьев заборного участка из контакта с обрабатываемой поверхностью;

2) при нарезании резьб в глухих отверстиях наблюдается непрерывное увеличение крутящих моментов и в момент начала реверсирования метчика – резкий спад крутящего момента и изменения его знака. Крутящий момент при вывинчивании составляет 10...15 % по модулю от крутящего момента при нарезании резьбы;

3) при образовании сквозных отверстий деформирующими и режуще-деформирующими метчиками скачок крутящего момента возникает при вступлении в работу зубьев переходной зоны;

4) при нарезании резьб режущими метчиками имеют место большие амплитуды колебаний крутящих моментов при вхождении единичных зубьев в контакт с обрабатываемыми отверстиями, чем при работе их деформирующими метчиками.

Крутящий момент при увеличении скорости до $V = 0,07$ м/с при нарезании резьб режущими метчиками (рисунок 1) уменьшается на 16 %, а затем при дальнейшем ее повышении – практически не меняется.

Дисперсия крутящего момента увеличивается при увеличении скорости резьбонарезания, достигая максимума при $V = 0,16$ м/с. При нарезании резьб деформирующими метчиками (рисунок 2) крутящий момент при увеличении скорости до $V = 0,16$ м/с возрастает на 30 % и при дальнейшем повышении ее практически не меняется. Аналогичный характер изменения величин крутящих моментов наблюдается при обработке резьб режуще-деформирующими метчиками (рисунок 3), однако, приращение силовых характеристик составляет 10 %, что объясняется особенностью схемы обработки.

Экспериментально проверялось изменение величины крутящего момента по мере износа метчиков. Резьбу М4 нарезали режущими, деформирующими и режуще-деформирующими метчиками в сквозных отверстиях технологических образцов, толщиной 6 мм из сплава АМг2 (НВ 48). В качестве СОТС использовали СП-3 (ГОСТ 5702-75). Скорость нарезания $V = 0,09$ м/с. Для определения характера изменения $M_{кр}$ после обработки определенного количества отверстий измеряли фактическую величину крутящего момента. Для режущих метчиков крутящий момент измеряли после обработки 20 отверстий, для деформирующих и режуще-деформирующих после 50 отверстий.

По полученным данным построены графики (рисунок 4), характеризующие изменение крутящего момента от количества обработанных отверстий, из графиков следует, что при нарезании резьб режущими метчиками крутящий момент увеличивается на 200 %. При использовании деформирующих метчиков крутящий момент практически не изменяется. В ряде опытов наблюдалось снижение величины крутящего момента на 10 %. Обработка резьбовых отверстий режуще-деформирующими метчиками характеризуется достаточно высокой стабильностью по сравнению с деформирующими метчиками. В ходе работы не наблюдалось резкого увеличения или уменьшения крутящего момента.

Как показано выше, стабильность операций получения внутренних резьб малых диаметров с количественной стороны определяется временем бесперебойной работы метчика, то есть его стойкостью. Для определения целесообразности перевода процесса обработки с резания на резание с опережающим пластическим деформированием были проведены стойкостные испытания. В сквозных отверстиях технологических образцов из сплава АМг2 (толщиной 6 мм) получали резьбы М4 режущими (ГОСТ 3266-81), деформирующими (ГОСТ 18839-73), и режуще-деформирующими метчиками. Скорость нарезания $V = 0,09$ м/с. В качестве СОТС использовали СП-3 (ГОСТ 5702-75).

За критерий стойкости метчиков принимали износ по наружному диаметру, при котором прекращалось свинчивание проходного резьбового калибра 5Н6Н с резьбовым отверстием. Стойкость метчиков определялась по формуле:

$$T = \frac{N_0 h_p}{n P}, \quad (4)$$

где N_0 — количество обработанных резьбовых отверстий; h_p — длина резьбы; n — частота вращения шпинделя; P — шаг резьбы.

Результаты испытаний приведены в таблице 1.

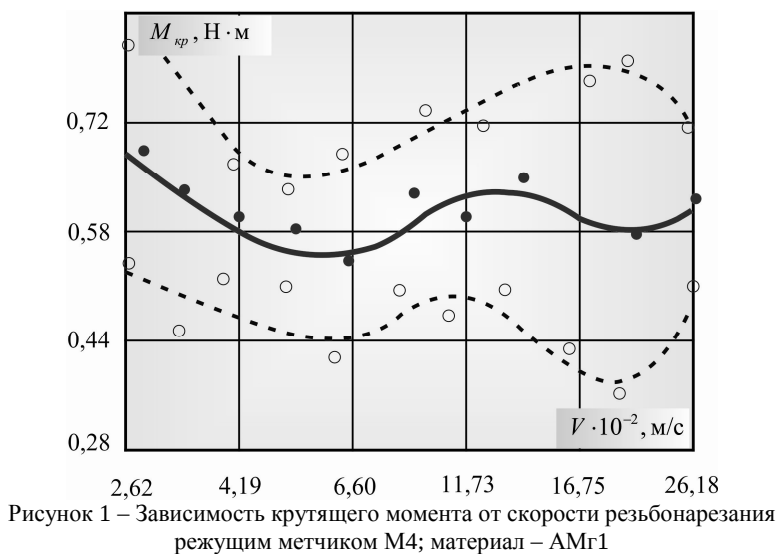


Рисунок 1 – Зависимость крутящего момента от скорости резбонарезания режущим метчиком М4; материал – АМг1

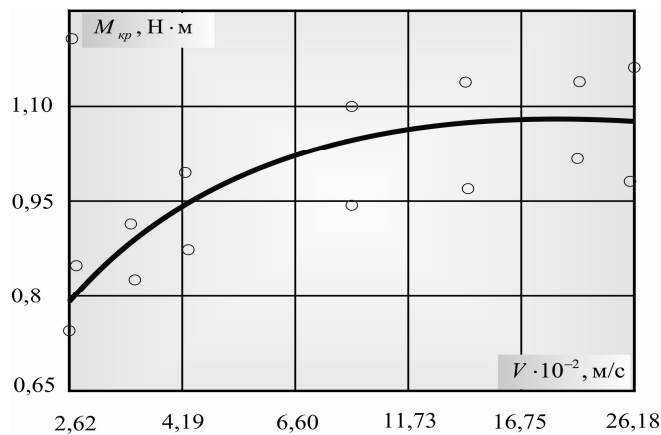


Рисунок 2 – Влияние скорости резбообразования на крутящий момент при работе деформирующего метчика М4 в материале АМг1

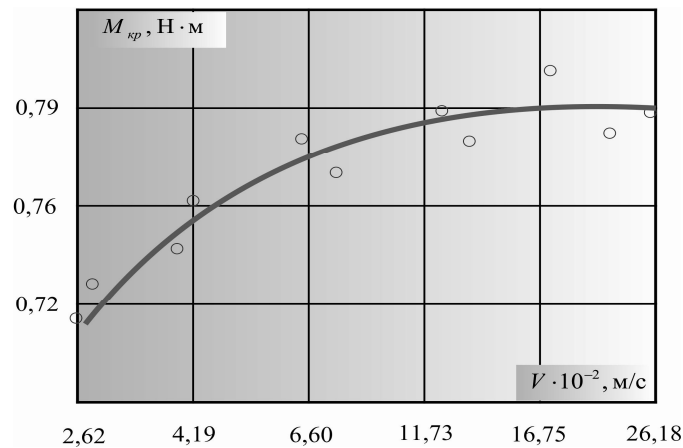


Рисунок 3 – Влияние скорости резбообразования на крутящий момент при работе режуще-деформирующего метчика М4 в материале АМг1

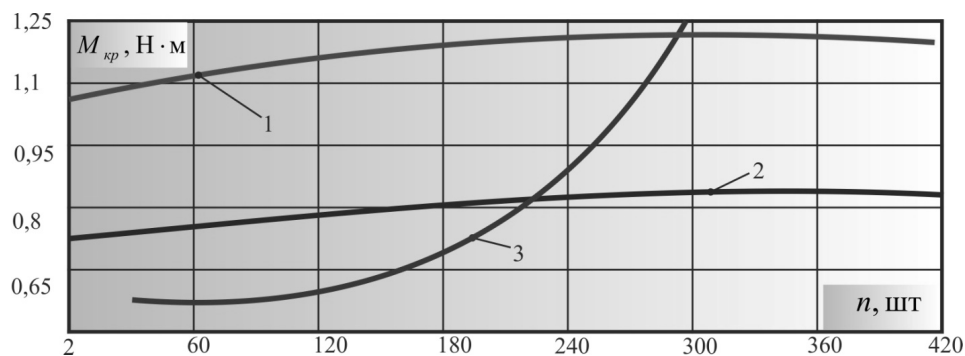


Рисунок 4 – Изменение величины крутящего момента в зависимости от количества обработанных отверстий: 1 – деформирующий метчик; 2 – режуще-деформирующий метчик; 3 – режущий метчик.

Таблица 1 – Стойкость метчиков при обработке сплава АМг2

Номер метчика	Количество обработанных отверстий					
	Машинно-ручной		Деформирующий		Режуще-деформирующий	
	N, шт	T, мин	N, шт	T, мин	N, шт	T, мин
1	396	7,56	48**	0,92	2461	49,22
2	131*	2,50	1987	37,85	2385	47,7
3	579	11,03	2697	49,55	2140	42,8
4	307	5,85	115 *	2,20	2843	56,86
5	221*	3,90	1635	31,15	1963	39,26
6	256	4,88	1430	27,25	2354	47,08
7	74*	1,40	275**	5,24	2272	45,44
8	13*	0,24	1180	22,49	2629	52,58
9	646	12,31	794	15,12	2023	40,46
10	186*	3,536	1962	37,36	385*	7,7
Ср		5,312		22,91		42,91

Примечание: * – процесс останавливался по причине неработоспособности метчика вследствие критических значений нароста на рабочей части и пакетирования стружки; ** – процесс останавливался по причине налипания на рабочей части.

Анализ полученных данных показывает, что имеет место значительный разброс значений стойкости, обусловленный несовершенством геометрии рабочей части, нестабильностью параметров реальных метчиков и свойств инструментальных материалов

Стойкость метчиков М4 при работе в деталях из сплав АМг2 в 6...8 раз превышает стойкость режущих и почти в 1,8 ...2 раза стойкость деформирующих метчиков, что подтверждает теоретические положения разработанные в диссертации о более совершенной схеме формообразования резьб метчиками новых конструкций

Скорость резания при эксплуатации режуще-деформирующих метчиков рекомендуется выбирать до $V = 0,09$ м/с, что обеспечивает достаточную производительность операции.

Выводы. Проведенные исследования показали что: стойкость режуще-деформирующих метчиков выше в 6...8 раз стойкости режущих и в 1,8 ...2 раза стойкости деформирующих метчиков при обработке алюминиевых сплавов, характеризующихся высокой степенью адгезии; крутящий момент при работе режуще-деформирующих метчиков ниже на 12 % ниже, чем при работе деформирующих метчиков. При эксплуатации режуще-деформирующих метчиков рекомендуется выбирать скорость резания до $V = 0,09$ м/с.

Библиографический список использованной литературы

1. Пат. 64950 Украина. Метчик / Канареев Ф.Н., Харченко А.О., Новиков П.А.; заявитель и правообладатель Севастопольский нац. техн. ун-т.; опубл. 25.11.2011.
2. Пат. 66082 Украина. Метчик / Канареев Ф.Н., Харченко А.О., Новиков П.А.; заявитель и правообладатель Севастопольский нац. техн. ун-т.; опубл. 26.12.2011.
3. Решетников М.Т. Планирование эксперимента и статистическая обработка данных / М.Т. Решетников. — Томск: Томск. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2000. — 231 с.

Поступила в редакцию 19.03.2013 г.

Канареев Ф.М., Харченко О.О., Новиков П.А. Дослідження стійкості і крутного моменту при роботі ріжуче-деформуючих мітчиків

Показана методика і результати досліджень стійкості і крутних моментів що виникають при роботі мітчиків різних конструкцій при обробці різьб М3 ... М6. Здійснено аналіз проведених досліджень, що показав що: стійкість ріжучі-деформуючих мітчиків вище в 6 ... 8 разів стійкості ріжучих і в 1,8 ... 2 рази стійкості деформуючих мітчиків при обробці алюмінієвих сплавів, що характеризуються високим ступенем адгезії; крутний момент при роботі ріжучі-деформуючих мітчиків нижче на 12 %, ніж при роботі деформуючих мітчиків.

Ключові слова: мітчик, крутний момент, стійкість.

Kanareev F.N., Kharchenko A.O., Novikov P.A.. Research of resistance and torque of cutting-deforming taps

Methods and results of researches of resistance and torque encountered using taps of different designs in the processing of threads M3 ... M6 is shown. The analysis of conducted researches, which showed that: resistance cutting-deforming taps is above 6 ... 8 times of tool life and 1.8 ... 2 times of the strength of deforming taps, when machining aluminum alloys, characterized by a high adhesion degree; torque when using cutting-deforming taps below 12 % lower than in case of deforming taps is carried out.

Keywords: tap, torque, resistance, torque.