

УДК 621.91.01:621.993 А.Н.Резников, Б.И.Пикалов, И.Г.Сарычев

МОМЕНТ РЕЗЬБОНАРЕЗАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ  
ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТЗ-1 МЕТЧИКАМИ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

Стабильность и производительность технологических операций нарезания резьб метчиками менее М16 в труднообрабатываемых материалах всецело определяются прочностью рабочей части инструмента и уровнем сил резания.

Несовершенство конструкции и геометрических параметров, а также погрешности наладки технологической системы (перекос геометрических осей отверстий и инструмента и другие) являются основными причинами выкрашивания режущих кромок, хрупкого разрушения рабочей части и низкой стойкости метчиков.

На рис. 1 показана новая конструкция метчика <sup>x)</sup> для нарезания резьбы в сквозных отверстиях глубиной  $(1,5 + 2) d$ . Некоторые размеры, относящиеся к конструкции метчиков М8х1,25; М10х1,5 и М12х1,25, характеризуются следующими величинами:  $d_c = 0,4d$ ;  $d_{c1} = 0,75d$ ;  $R_1 = 0,18d$ ;  $R_2 = 0,36d$ ;  $R_3 = 4,5d$ ;  $l_x = 1,8d$ ;  $\psi = 35^\circ$ ;  $\eta = 35^\circ$ , где  $d$  - наружный диаметр резьбы.

---

<sup>x)</sup> Пикалов Б.И., Резников А.Н., Сарычев И.Г., Гордеев А.В. Авторское свидетельство № 294694. Бюллетень изобретений № 7, 1971 г.



нуса и хвостовика по отношению к центрам не превышало 0,015 мм, квадрата - 0,03 мм. Шероховатость поверхности резабы была в пределах  $\nabla 9$ , стружечных канавок  $\nabla 8$ .

Для изучения путей снижения сил резания выполнено исследование влияния конструктивных и геометрических параметров метчиков на момент резбонарезания.

Испытания производили на вертикально-сверлильном станке модели 2А125 при скорости резания 3 м/мин. Крепление метчика осуществлялось в прецизионном резбонарезном патроне с двухсторонней осевой компенсацией шага резьбы. В патроне предусмотрено перемещение метчика в осевом направлении на шарикоподшипниках, что практически исключало осевое усилие связи между инструментом и патроном (шпинделем станка). Величина силы связи в экспериментах не превышала  $\pm 1$  кг, что способствует значительному снижению погрешности шага резьбы. Испытаниям подвергались четырехперые метчики М8х1,25; М10х1,25; М10х1,5; М12х1,25; М14х1,25 из стали Р18 /HRC 62+64). выявление частных зависимостей момента резбонарезания от скорости резания и угла заборного конуса выполнено на метчиках М10х1,5. Влияние числа перьев (от трех до шести) также исследовалось на метчиках М10х1,5.

Средний диаметр резьбы метчиков по наибольшему предельному размеру соответствовал степени точности "С" по ГОСТ 7250-60 с допуском 0,01 мм. Геометрия метчиков:  $\gamma = 5^\circ$ ;  $\alpha = 2^\circ 30'$ , износ по задним поверхностям не более 0,1 мм.

Сверление отверстий под резьбу выполнялось по кондуктору. Нарезание резьбы производилось за одну установку со сверлением. Размер отверстий под резьбу соответствовал данным таблицы I.

Таблица I

Размеры отверстий под резьбу

Размер резьбы	М8х1,25	М10х1	М10х1,25	М12х1,25	М14х1,25	М10х1,5
Диаметр отверстия	6,73 <sup>+0,03</sup>	9,03 <sup>+0,04</sup>	8,73 <sup>+0,04</sup>	10,73 <sup>+0,04</sup>	12,73 <sup>+0,04</sup>	8,55 <sup>+0,04</sup>

Эксцентриситет отверстий по отношению к оси шпинделя станка не превышал 0,05 мм. Блуждание режущих элементов метчика при установке в патроне не превышало 0,02 мм. В качестве СОЖ использовали сульфоброфол.

который подавался поливом в количестве 3-4 л/мин. Резьба нарезалась на глубину 15 мм в титановом сплаве BT3-I ( $\sigma_B = 110 \text{ кг/мм}^2$ ;  $\text{HB} = 311+321$ ) и для сравнения в стали 40X ( $\sigma_B = 75 \text{ кг/мм}^2$ ;  $\text{HB} = 200+211$ ).

Измерение крутящего момента и осевой силы при резбонарезании выполнялось посредством динамометра УДМ-I с записью осциллограмм на фотобумагу с помощью шлейфового осциллографа Н-700. Точность нарезаемой резьбы контролировали посредством замера фактического приведенного среднего диаметра индикаторным прибором с разрезной резьбовой пробкой. Средний диаметр резьбовых отверстий в заготовках из сплава BT3-I почти во всех опытах находился на границе полей допусков I-го и 2-го классов точности по ГОСТ 9253-59, за исключением отверстий, нарезанных с наибольшими значениями скорости резания и угла заборного конуса. В этих случаях средний диаметр резьбы незначительно выходил за пределы допусков 2-го класса. Шероховатость поверхности резьбы соответствовала  $\nabla 6 + \nabla 7$ . Более высокая чистота наблюдалась при обработке титанового сплава.

Было исследовано влияние на момент резбонарезания следующих параметров: диаметра и шага резьбы, числа перьев метчика, угла заборного конуса и скорости резания.

Обработка экспериментальных данных для трех- и четырехперых метчиков по методу наименьших квадратов позволила получить следующие зависимости для расчета момента резбонарезания:

1. для титанового сплава BT3-I

$$M = 1,32 d^{0,87} S^{2,13} V^{0,14} (\sin \varphi)^{-0,3} Z^{0,48} \text{ кгсм}, \quad 3 \leq V \leq 9 \text{ м/мин.}$$

$$M = 3,09 d^{0,67} S^{2,13} V^{-0,26} (\sin \varphi)^{-0,3} Z^{0,48} \text{ кгсм}, \quad 9 \leq V \leq 17 \text{ м/мин.}$$

2. для стали 40X

$$M = 2,72 d^{0,84} S^{2,49} V^{-0,08} (\sin \varphi)^{-0,15} Z^{0,18} \text{ кгсм}, \quad 3 \leq V \leq 6 \text{ м/мин.}$$

$$M = 1,54 \cdot d^{0,84} S^{2,49} V^{0,10} (\sin \varphi)^{-0,15} Z^{0,18} \text{ кгсм}, \quad 6 \leq V \leq 17 \text{ м/мин.}$$

На рис. 2-4 представлены графики зависимостей момента резбонарезания от числа перьев  $Z$  угла заборного конуса  $\varphi$  и скорости резания  $V$ .

Влияние числа перьев на момент проявляется через сложное взаимодействие ряда факторов: толщины среза, суммарной длины главных и вспомогательных режущих кромок, условий стружкоотвода. С уве-

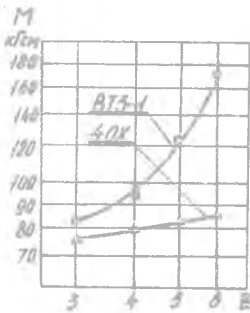


Рис.2. Момент резбонарезания в зависимости от числа перьев

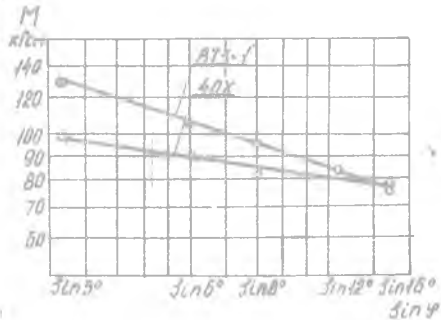


Рис.3. Момент резбонарезания в зависимости от угла заборного конуса метчика

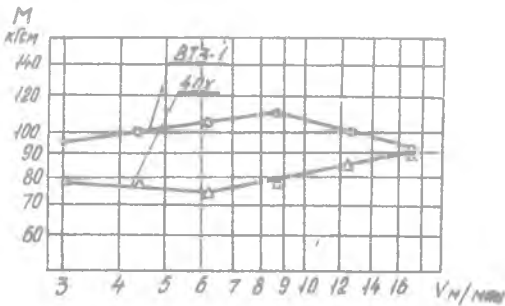


Рис.4. Момент резбонарезания в зависимости от скорости резания

личением числа перьев, в результате уменьшения толщины среза возрастает работа деформации, повышается длина контакта метчика с изделием, ухудшаются условия отвода стружки. В совокупности, это существенно увеличивает силы резания и трения на метчике и приводит к возрастанию крутящего момента, особенно, при обработке титанового сплава BT3-I (рис. 2).

Из геометрических параметров метчика значительно воздействует на момент угол заборного конуса  $\psi$ , при этом наиболее интенсивно - при обработке титанового сплава BT3-I.

Зависимости  $M = f(V)$  для обоих обрабатываемых материалов носят немонотонный характер (рис. 4). Для титанового сплава BT3-I точка перегиба соответствует наибольшему значению  $M$  и смещена вправо от экстремума для стали 40X. Последний соответствует наименьшей величине  $M$ .

Исследования показали, что для нарезания резьб в сквозных отверстиях при обработке титанового сплава BT3-I можно рекомендовать метчики описанной конструкции с геометрическими параметрами:  $\psi = 8^{\circ}$ ;  $\gamma = 5^{\circ}$ ;  $\alpha = 2^{\circ}30'$ ; задний угол по профилю резьбы  $0^{\circ}40'$ , по наружному диаметру -  $0^{\circ}20'$  и обратная конусность 0,2 мм на 100 мм длины.