

Для цитирования: Вагабов Н.М., Курбанов А.З., Магомедова М.А. Промышленная апробация комбинированного инструмента зенкер-метчик. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2017;44 (4):19-28. DOI:10.21822/2073-6185-2017-44-4-19-28

For citation: Vagabov N.M., Kurbanov A.Z., Magomedova M.A. Industrial approbation of combined countersink-tap tool. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2017;44(4):19-28. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2017-44-4-19-28

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ МЕХАНИКА

УДК 621.882.085/.086.004

DOI: 10.21822/2073-6185-2017-44-4-19-28

ПРОМЫШЛЕННАЯ АПРОБАЦИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ИНСТРУМЕНТА ЗЕНКЕР-МЕТЧИК

Вагабов Н.М.¹, Курбанов А.З.², Магомедова М.А.³

¹Дагестанский государственный технический университет,

¹367026, г. Махачкала, пр. И. Шамиля, 70, Россия,

²⁻³Дагестанский государственный педагогический университет,

²⁻³367003 г. Махачкала, ул. Ярагского, д.57, Россия,

¹e-mail:vagabov01@inbox.ru, ²e-mail:kurbanov-48@mail.ru,

³e-mail:mag.marina1979@gmail.com

Резюме: Цель. На основе критического анализа результатов проведенных комплексных исследований необходимо доказать преимущество разработанной технологии с применением комбинированного инструмента зенкер-метчик с новой схемой резания по сравнению с существующими технологиями. **Метод.** Для повышения производительности обработки, стойкости инструмента и качества нарезаемой резьбы одним из способов является снижение крутящего момента, уменьшение наклепа обрабатываемого материала за счет новой схемы резания с целью полного исключения трения боковых сторон зуба о поверхность нарезаемой резьбы. Данная технология применена в реальном производстве. **Результат.** Проведенные производственные испытания комбинированного зенкер-метчика с новой схемой резания, признанного изобретателями, показали, что в результате значительного снижения крутящего момента, уменьшения наклепа обрабатываемого материала, создается возможность увеличения скорости резания и повышения производительности труда более чем в 2 раза по сравнению с процессами резбонарезания при использовании метчиков с шахматным расположением зубьев, в 1,2 раза скорректированного строения, в 6 раз стандартных метчиков. Одновременно повышается стойкость инструмента 3-5 раз и резко сокращается число поломок. **Вывод.** Установлено, что точность геометрических параметров, прочность и качество поверхности резьбы, нарезаемой комбинированным зенкер-метчиком с новой схемой резания в труднообрабатываемых материалах значительно выше тех же параметров резьбы, полученной обработкой стандартными и другими известными метчиками. Исследования также показали его высокую надежность, работоспособность и целесообразность применения для обработки выше названных материалов. К преимуществам комбинированного инструмента относятся также сокращение времени резбонарезания по сравнению с отдельной обработкой резьбового отверстия (зенкерование стандартным зенкером с последующим нарезанием резьбы).

Ключевые слова: деталь, резьба, качество, производительность, комбинированный инструмент, стойкость, технологическое время, крутящий момент, наклеп, скорость резания

PHYSICAL-MATEMATICAL SCIENCE MECHANICS

INDUSTRIAL APPROBATION OF COMBINED COUNTERSINK-TAP TOOL

Nurulla M. Vagabov,¹ Ali Z. Kurbanov,² Marina A. Magomedova³

¹Daghestan State Technical University,

¹70 I. Shamilya Ave., Makhachkala 367026, Russia,

²⁻³Daghestan State Pedagogical University,

²⁻³57 Yaragskogo Ave., Makhachkala 367003, Russia,

¹e-mail: vagabov01@inbox.ru, ²e-mail: kurbanov-48@mail.ru,

³e-mail: mag.marina1979@gmail.com

Abstract. Objectives Based on a critical analysis of the results of complex studies, we set out to demonstrate the advantages, as compared with existing technologies, of a developed technology that uses a new cutting scheme with a combined countersink-tap tool. **Methods** One way to improve the processing capacity, tool life and quality of a cut thread is to reduce the torque and strain hardening of the processed material by employing a new cutting approach to completely eliminate the friction of the lateral sides of the tooth on the surface of the cut thread. It was necessary for this technology to be checked in real production conditions. **Results** The conducted production tests of a combined countersink-tap tool with the new cutting scheme developed by the inventors have shown that, as a result of a significant reduction in the torque and a decrease in the strain hardening of the processed material, it is possible to increase the cutting speed and increase labour productivity by more than 2 times as compared with the thread cutting processes using taps with staggered teeth, 1.2 times as compared to taps with a corrected structure, and more than 6 times as compared to standard taps. At the same time, the stability of the tool is increased 3-5 times and the number of breakages is also sharply reduced. **Conclusion** It has been established that the accuracy of the geometric parameters as well as the strength and quality of the thread surface cut by the combined countersink-tap tool with the new cutting scheme in hard-to-work materials is much higher than the same thread parameters obtained by processing with standard and other known taps. The studies also indicated its high reliability, operability and expediency of application for processing the above-mentioned materials. The advantages of the combined tool also include a reduction in thread cutting time as compared to a separate machining of the threaded hole (countersinking with a standard countersink followed by subsequent tapping).

Keywords: detail, thread, quality, productivity, combined tool, durability, technological time, torque, strain hardening, cutting speed

Введение. В основных направлениях экономического развития судостроительной промышленности на ближайшие десятилетия большое внимание уделяется повышению технического уровня и качества выпускаемой продукции, обеспечению на этой основе высокой производительности труда. Решение поставленных задач особенно актуально для промышленных предприятий Российской Федерации, в том числе Республики Дагестан, в числе которых ОАО им. Гаджиева (предприятие 1) и завода «Дагдизель» (предприятие 2). На данных предприятиях авторами проводились производственные испытания.

Предприятия изготавливают детали и узлы судовых машин, механизмов и судовой арматуры: планка, пластик, лист, фланец, штуцер и т.д., перечень которых приведен в табл.1. Детали, узлы, механизмы, изготовлены из сталей и сплавов, с особыми физико-механическими свойствами, входящих в группу труднообрабатываемых материалов; функционируют они обычно при высоких температурах и в агрессивной среде; подвергаются большим нагрузкам [1,3]. С учетом этих условий детали должны обладать маломанитными, коррозионно-стойкими, кислотостойкими и жаростойкими свойствами, что очень затрудняет процесс их обработки. Особенно трудным является получение качественных резьбовых отверстий малых

диаметров в деталях, изготовленных из этих материалов [2-5].

Таблица 1. Примерный перечень деталей, выпускаемых на промышленных предприятиях 1 и 2

Table 1. An approximate list of details that are shown in industrial enterprises 1 and 2

Деталь	Материал	Параметры нарезаемой резьбы	Точность обработки
Установка Дозерная УД 40-100			
Фланец	12X18H10T	M6	7H
Планка	12X18H10T	M7	6H
Дно	12X18H10T	M8	7H
Пластик	12X18H10T	M10	7H
Штуцер	08X18H10T	M27x2	6H
Лист	12X12	M6	7H
Кран ДУ10 РУ6			
Корпус	12X18H10T	M6	7H
Крышка	12X18H10T	M10	7H
Фланец	12X18H10T	M12	7H
Втулка	8X18H10T	M18	7H
Насос ЦВС (Центробежный вихревый самовсасывающий)			
Вставка рабочая внутренняя	12X18H9T	M6, M4	12H
Рулевая машина			
Клапан	20X13	M8	7H
Поворотные затворы (Задвижки большого диаметра)			
Детали	2X13, 12X18H10T, BT3	M6, M18, M20	7H
Клапан дизеля	40X5B2ФС	M6, M10	7H

Постановка задачи. Существующая технология обработки резьбовых отверстий малых диаметров в деталях судовых машин и механизмов не обеспечивает высокое качество и производительность, для чего необходимо разработать более совершенную технологию создания и конструирования прогрессивного инструмента. Для этого, авторами разработан и сконструирован комбинированный инструмент зенкер-метчик с новой схемой резания [2].

Для обеспечения высокого качества резьбовых отверстий и повышения стойкости метчиковой части комбинированного инструмента разработана новая схема резания, в соответствии с которой, на режущих кромках шлифуются фаски размером 0,1-0,15 мм, перекрывающие толщину среза и сокращающие тем самым длины режущих кромок инструмента. Кроме того, заборный конус с углом $\varphi=3^\circ$ распространяется на всю резьбовую часть [2].

Такая конструкция инструмента позволяет повысить производительность и качество получаемых резьбовых отверстий малых диаметров в деталях судовых машин, механизмов и судовой арматуры, изготовленных из труднообрабатываемых материалов [6-11]. Проведенные лабораторные исследования показали эффективность работы данного инструмента.

Методы исследования. Повышение качества обработки резьбовых отверстий и производительности труда можно достичь разными путями, в частности, за счёт оптимального выбора режимов резания, улучшения конструкции инструмента и режущих свойств обрабатываемого материала. В целях практической проверки результатов лабораторных исследований произведена обработка различных деталей судовых машин, механизмов и судовой арматуры, изготовленных из труднообрабатываемых материалов на предприятиях 1 и 2. Резьбонарезание в этих деталях для сравнения осуществляли инструментами стандартных и других конструкций, а

также комбинированного строения с новой схемой. При этом контролировали количество резбонарезаний и стойкость инструмента.

Весь исследуемый инструмент был изготовлен из стали Р9К5 и имел твердость HRC64-65. Например, обрабатывали резьбовые отверстия М14х1.5 по 2 степени точности в корпусе топливного насоса дизелей типов Ч8,5/11 и Ч9,5/11, обрабатывали и другие детали.

Обсуждение результатов. Результаты комплексных исследований показали, что стойкость комбинированного метчика при обработке корпуса насоса ЦН-105, изготовленного из стали 20Х13, составляет 60 мин., а нормального – 10 мин., при этом, комбинированным метчиком обработано 1600 отверстий, нормальным – всего 235.

Стойкость комбинированных метчиков при равных условиях обработки превышает стойкость нормальных метчиков более чем в 6 раз, стойкость метчика с скорректированным профилем и шахматным расположением зубьев находится в середине между стойкостью нормального и комбинированного зенкер-метчика.

Таким образом, применение комбинированного инструмента разработанной конструкции позволяет сократить технологическое время при обработке данного изделия с 7,2 мин. до 1,2 мин., что значительно повышает качество получаемой резьбы.

Идея повышения качества нарезаемой резьбы и производительности обработки за счет создания новой схемы метчиковой части комбинированного инструмента, позволяющей уменьшить площадь контакта зубьев с заготовкой в зоне резания, а так же улучшая доступ СОЖ, научно обоснована авторскими лабораторными исследованиями [12-17]. Для подтверждения достоверности полученных результатов были продолжены производственные испытания, используя для обработки более труднообрабатываемые материалы. В частности, при обработке корпуса уплотнительного патрубка из стали 10Х18Н12М3ТЛ комбинированным инструментом, стойкость составила Т=55 мин., число обработанных отверстий n=1250, тогда как у нормального метчика Т=8 мин., n=230, шахматного строения Т=15 мин., n=400.

При обработке корпуса насоса ЦМ-86, изготовленного из стали 12Х18Н10, стойкость комбинированного инструмента составила Т=57 мин., число нарезанных отверстий n=1520, тогда как у нормального Т=8 мин., n=230 отверстий. Отсюда видно, что по стойкости комбинированный инструмент превосходит нормальный в 7 раз. Также была произведена обработка резьбовых отверстий в клапанах дизелей, изготовленных из стали 40Х5В2ФС.

Результаты отдельных научных исследований и производственных испытаний показаны на рис. 1 и в табл. 2.

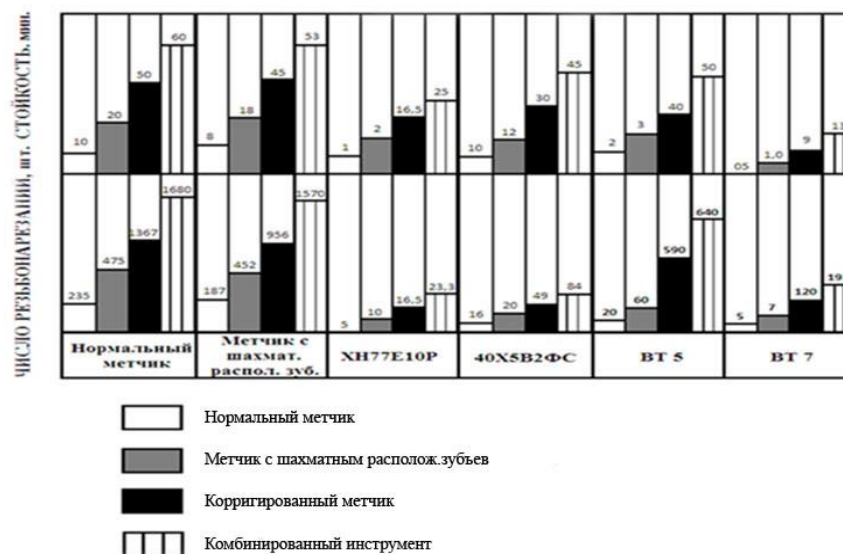


Рис.1. Стойкость и ресурсоспособность метчиков различной конструкции
Fig.1. Resistance and resource-ability of taps of various designs

Таблица 2. Результаты научных исследований и производственных испытаний
Table 2. Results of research and production trials

№/№ предпр.	Детали	Обрабат. материал	Угол забор. конуса (град.)	Скорость резания (м/мин)	М е т ч и к и							
					нормальные		шахматные		корректированные		комбинированные	
					Стойк. Т мин	Число отвер.	Стойк. Т мин	Число отвер.	Стойк. Т мин	Число отвер.	Стойк. Т мин	Число отвер.
1	Корпус насоса ЦН-105	20Х13	3°	22	10	235	20	475	50	1100	60	1600
1	ЦМ-86	12Х18Н1 0Т	2°30'	15,70	10	230	18	410	45	1100	57	1520
1	Детали суд. арматуры	ХН11Т ЮР	5°	4,28	-	5	1	10	16,5	165	25	255
1	---"---	Н24ХГ	3°	6,28	4	25	8	40	35	90	50	130
1	Патрубок уплотнит.	10Х18Н1 2М3ТЛ	2°30'	15,70	8	230	15	400	40	900	55	1250
2	Клапана дизеля	40Х5В2 ФС	2°30'	2,4	12	16	18	25	30	49	45	84
2	Вставка вихревая	Х17С2	3°	6,28	6	80	15	300	30	800	40	1200
2	Рычаг узла захлопки	Х17Н2	3°	6,28	6	60	12	250	25	580	45	700
2	Детали суд. арматуры	Г13	3°	22	2	20	4	30	30	80	45	120
2	Винт	ВТ5	7°30'	6,28	2	20	5	60	40	500	50	600
2	Втулка	ВТ7	2°30'	6,28			0,6	7	9	120	15	145

В дальнейшем для получения более точных результатов необходимо провести исследования структуры и содержания одного из перечня группы труднообрабатываемого материала, например, жаропрочной стали 40Х5В2ФС, применяемой для изготовления клапанов дизелей, а также учесть особенность технологии резьбонарезания в этих материалах.

Известно, что жаропрочная сталь 40Х5В2ФС мартенситного класса нашла широкое применение для изготовления клапанов дизелей. Так как эта сталь в 3 раза дороже обычных конструкционных сталей, то в целях экономии клапана изготавливают составными: более теплонагруженная часть с тарелкой выполняется из стали 40Х5В2ФС, менее нагруженная – тронковое тело – из стали 40Х. Резьбонарезание в первой части осуществляется до термообработки детали (закалки с последующим отпуском до HRC 48-52), т.е. в состоянии достаточно высокой вязкости стали.

Необходимо отметить, что особенность строения данного материала заключается в том, что до термообработки в нем имеется относительно вязкая металлическая матрица (ферритно-перлитная), в которой равномерно распределены (при правильной подготовке заготовки) высокопрочные карбидные (Cr_7C_3 , Cr_4C , Cr_3C_2) и интерметаллидные (Fe_2W , $FeCr$) включения. Резьбонарезание в таком материале весьма затруднено.

Во-первых, из-за выкрашивания карбидных и интерметаллидных включений, которые, попадая в зону резания между метчиком и обрабатываемым материалом, создают эффект заклинивания, а также способствуют абразивному износу метчика [4].

Во-вторых, при достаточно высоком локальном содержании этих частиц (в случае неравномерного распределения карбидов и интерметаллидов) резко ухудшаются условия резания, создается неравномерность в распределении сил резания, появляются задиры, рывки, вызывающие вибрацию режущего инструмента и обрабатываемой детали [4].

Для снижения этих эффектов резьбонарезание на деталях из стали 40Х5В2ФС осуществляли при самых умеренных скоростях резания ($V=2,4$ м/мин) обильной подачей охлаждающей жидкости. Угол заборного конуса на метчиках всех видов был доведен до 2°30'. Несмотря на принятые меры, поломки метчиков были частыми, что свидетельствует о наличии значительного эффекта заклинивания.

Например, из 60 метчиков с нормальной резьбой, шахматным расположением зубьев, корригированной резьбой и комбинированных зенкер-метчиков в процессе исследования поломались, соответственно, 14, 17, 10 и 7; стойкость их составила, соответственно, 12, 18, 30 и 45 мин, а количество обработанных отверстий 16, 25, 49 и 84.

Необходимо отметить, что особое значение имеет при обработке этих материалов разработка технологии, исключающей или уменьшающей степень поломки инструмента. Поломка инструмента играет важную роль в негативном отношении при обработке труднообрабатываемых материалов [6].

Результаты исследования по отказу метчиков, выполненные на предприятиях 1 и 2, представлены в табл.3.

Таблица 3. Статистический анализ отказов стандартных метчиков в производственных условиях при обработке труднообрабатываемых материалов
Table 3. Statistical analysis of failures of standard taps in production conditions when processing hard-to-work materials

Диаметр метчиков, мм	Виды отказов, %		Расход метчиков в год, (шт)
	катастрофический износ	поломки	
Предприятие 1			
8	21	45	6300
10	21	46	6000
12	26	30	4700
14	23	30	4900
16	30	25	2100
20	32	27	1600
Предприятие 2			
8	30	40	6100
10	30	43	6600
12	24	32	4000
14	28	31	4100
16	28	30	2000
20	31	15	1800

Результаты по трудоемкости нарезания резьбы и исправления брака, вызванного поломкой метчиков при обработке деталей из труднообрабатываемых сталей и сплавов на этих предприятиях представлены в табл. 4.

Таблица 4.Трудоемкость нарезания резьб и исправления брака, вызванного поломкой метчиков при обработке деталей из труднообрабатываемых сталей и сплавов, на предприятиях 1 и 2
Table 4. Labor-intensiveness of tapping and repair of defects caused by breakage of taps during machining of parts from hard-to-process steels and alloys at factories 1 and 2

№ п/п	Наименование деталей	Материал	Трудоемкость, мин		Доля резьбонарезания в % к общей трудоемкости изготовления деталей
			нарезание резьб	исправление брака	
1.	Корпус насоса ЦМ-86	12X18H10T	3	51	17
2.	Патрубок насоса	10X18H12M3TL	3,8	60	18
3.	Корпус ЦП-105	20X13	7,2	120	23
4.	Клапан дизеля	40X5BGFC	5,3	90	34
5.	Гайка клапана	1X18H10T	0,47	45	18
6.	Рычаг захлопки	14X17H2	1,08	86	2,7
7.	Вставка вихревая	X17C2	3,1	58	26
8.	Винт гребной	BT5	2,7	34	11,4
9.	Втулки	BT7	6,1	75	15
10.	Детали крепежные (корпуса)	Г13	7,3	90	17
11.	Детали арматуры (втулки)	ХН77ТЮР	12	131	40

Вышеприведенные данные (табл.4) свидетельствуют о том, что и в условиях повышенной трудности нарезания резьбы комбинированные метчики имеют существенные преимущества перед метчиками других конструкций [4].

Также аналитически обобщены проведенные статистические исследования по производительности метчика, результаты которых отражены в табл. 5.

Таблица 5. Результаты статистических исследований по производительности
Table 5. Results of statistical studies on productivity

№ образца	Стандартный инструмент								Комбинированный инструмент			
	Зенкер				Метчик							
	№ инстр.	Наладка времени в мин.	Машин. время в мин.	Холост. время в мин.	№ инстр.	Наладка времени в мин.	Машин. время в мин.	Холост. время в мин.	№ инстр.	Наладка времени в мин.	Машин. время в мин.	Холост. время в мин.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.	1	0,24	0,33	0,16	1	0,33	0,50	0,42	1	0,35	0,78	
2.	1	0,25	0,33	0,16	1	0,33	0,52	0,45	1	0,38	0,83	
3.	1	0,24	0,42	0,18	1	0,36	0,58	0,47	1	0,38	0,85	
4.	1	0,24	0,35	0,16	1	0,33	0,58	0,43	1	0,35	0,88	
5.	1	0,24	0,42	0,16	1	0,50	0,52	0,47	1	0,40	0,83	
6.	1	0,16	0,42	0,25	1	0,42	0,58	0,43	1	0,33	0,92	
7.	1	0,24	0,42	0,25	1	0,42	0,58	0,42	1	0,42	0,85	
8.	1	0,24	0,42	0,24	1	0,42	0,57	0,42	1	0,36	0,97	
9.	1	0,25	0,33	0,21	1	0,33	0,50	0,42	1	0,40	1,0	
10.	1	0,21	0,36	0,25	1	0,33	0,58	0,42	1	0,36	1,05	
11.	1	0,20	0,36	0,25	1	0,40	0,58	0,42	1	0,38	0,92	
12.	1	0,25	0,36	0,16	1	0,40	0,57	0,45	1	0,36	0,83	
13.	1	0,25	0,42	0,16	1	0,42	0,57	0,47	1	0,36	0,83	
14.	1	0,26	0,42	0,18	1	0,40	0,55	0,45	1	0,38	0,82	
15.	1	0,28	0,42	0,24	1	0,42	0,55	0,43	1	0,35	0,83	
16.	1	0,25	0,33	0,24	1	0,33	0,57	0,42	1	0,36	0,83	
17.	1	0,24	0,33	0,24	1	0,35	0,57	0,42	1	0,35	0,82	
18.	1	0,24	0,35	0,24	1	0,36	0,57	0,42	1	0,35	0,83	
19.	1	0,24	0,35	0,21	1	0,42	0,57	0,42	1	0,33	0,83	
20.	1	0,24	0,36	0,21	1	0,40	0,57	0,42	1			
21.	1	0,24	0,33	0,20	1	0,40	0,57	0,40	1			
22.	1	0,21	0,35	0,20	1	0,38	0,58	0,40	1			
23.	1	0,26	0,36	0,20	1	0,45	0,58	0,42	1			
24.	1	0,26	0,35	0,20	1	0,38	0,57	0,42	1			
25.	1	0,21	0,33	0,20	1	0,33	0,58	0,42	1			
26.	1	0,24	0,33	0,16	1	0,35	0,57	0,42	1			
27.	1	0,21	0,33	0,18	1	0,37	0,57	0,42	1			
28.	1	0,24	0,33	0,20	1	0,38	0,58	0,40	1			
29.	1	0,24	0,33	0,18	1	0,33	0,58	0,40	1			
30.	1	0,25	0,33	0,20	1	0,33	0,58	0,40	1			
31.	1				1				1			
32.	1				1				1			
33.	1	9,04 мин	10,67	6,07	1	11,29	15,99	12,79	1			

К преимуществам комбинированного инструмента относятся также сокращение времени резбонарезания по сравнению с отдельной обработкой резьбового отверстия (зенкерование стандартным зенкером с последующим нарезанием резьбы) [15-17].

Для сравнения показателей производительности проводили нарезание резьбы в 30 отверстиях из стали 20Х13 комбинированным и стандартным инструментами, результаты которых приведены в табл. 6 и показаны на рис.2 .

Проведенные нами производственные испытания комбинированного инструмента зенкер-метчик со специальной схемой резания показали [2], что в результате значительного снижения крутящего момента, уменьшения наклепа обрабатываемого материала создается возможность увеличения скорости резания и повышения производительности труда более чем в 2 раза, по

сравнению с процессами резбонарезания при использовании метчиков различных конструкций, и в частности, с шахматным расположением зубьев.

Таблица 6. Затраты времени на резание резьбы на изделиях из стали 20Х13

Table 6. Time of cutting threads on products made of steel 20Х13

Кол-во резбонаре- заний	Затраты времени, мин								
	Стандартный инструмент						Комбинированный инструмент		
	Зенкер			Метчик					
	наладка	машин время	хол. ход	наладка	машин время	хол. ход	наладка	машин время	хол. ход
30	9,04	10,67	6,07	11,29	15,99	12,79	10,89	25,72	11,48
			65,85				48,09		

При этом одновременно повышается стойкость инструмента в 3-5 раз и значительно сокращается число поломок.

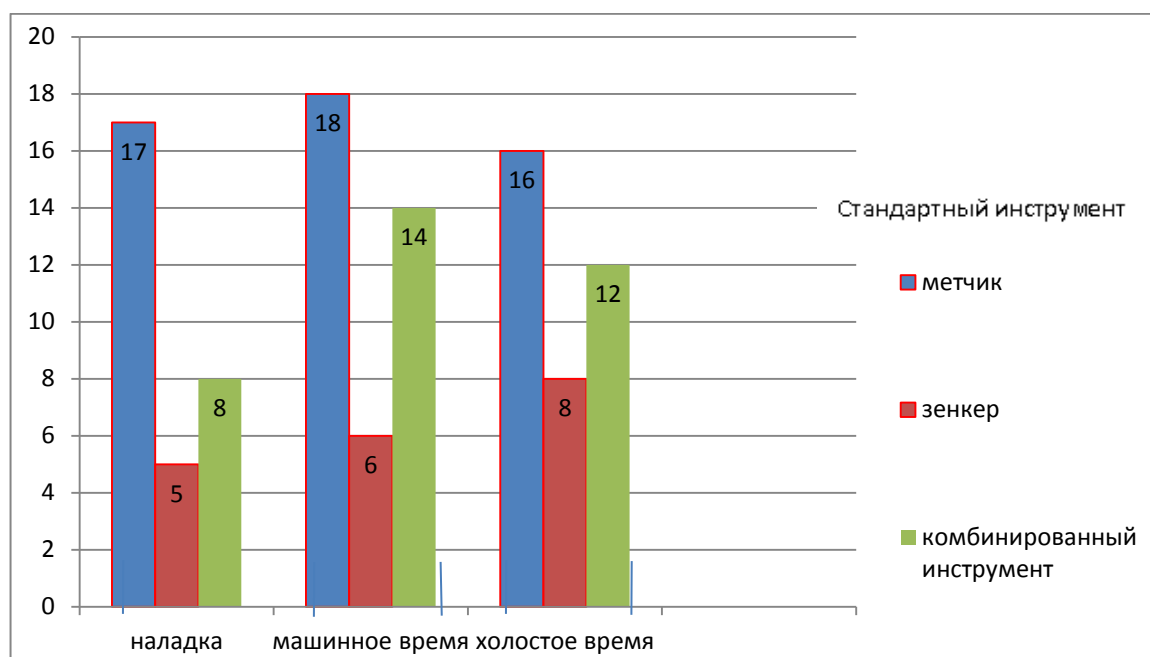


Рис. 2. Диаграмма сравнения затрат времени в минутах при обработке стандартными и комбинированным инструментами

Fig. 2. Diagram of time comparison in minutes when processing standard and combined tools

Вывод. Проведенные производственные испытания комбинированного инструмента с новой схемой резания доказывают его высокую надежность, работоспособность и целесообразность применения для обработки резьбовых отверстий, особенно малых диаметров (<16мм), в труднообрабатываемых материалах, используемых для изготовления деталей судового машиностроения, механизмов и судовой арматуры, что способствует повышению уровня механизации и автоматизации производственного процесса, обеспечивая рост производительности труда.

Библиографический список:

1. Высокопроизводительное нарезание внутренних резьб в трудно-обрабатываемых материалах. Монография П. Курбанов А.З. Махачкала, изд. ОАО «Деловой мир», 2004, 108 с.
2. Курбанов А.З., Абдуллаев А.В. Метчик для обработки трудно-обрабатываемых материалов II Авторское свидетельство №1618535 от 08.09.1990 г.
3. Курбанов А.З. Обоснование прогрессивной технологии нарезания резьб в деталях из труднообрабатываемых материалов автореф. дис. техн. науки. Ленинград, 1987, 20 с.
4. Коженков Д.В., Кирсанов С.В. Резание материалов. М.: Машиностроение, 2012, 304 с.

5. Режимы резания труднообрабатываемых материалов: Справочник/Я.Л.Гуревич, М.В.Горохов, В.И.Захаров и др. изд., перераб. И доп..-М.: Машиностроение, 1986, 240с., ил.
6. Технология нарезания точных резьб в труднообрабатываемых материалах (комбинированный инструмент зенкер-метчик). Монография. Курбанов А.З. и другие. Махачкала, 2015, 105с.
7. Wu S.M. Tool-life testing by Response Surface Methodology Part I. University of Wisconsin Madison.-ASME, Paper №63, p.1.
8. Westphal H. Die spannende Bearbeitung von Titan, - Werkstattstechnik und Maschinenbau, 1957, №3
9. Cook E. Titanium Demands Special Consideration. Machinery, v.62, № 7, 1956.
10. Sato T., Tujita N. The Present stage and the future of the machinability data service in Japan.-Proc. 14-th Int.Mach.Tool.Dec.and Res.Conf.Manchester, 1973, p.685-690.
11. Jacob E. Anwendung des Programms AUTOTECH – KOPA 2. Verteidigungstechnik und Betrieb, Bd.25, 1975, №11, s.668-672.
12. Курбанов А.З., Вагабов Н.М., Алиомаров Л.М. Исследование и оптимизация работоспособности и стойкости комбинированного инструмента зенкер-метчика. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. Махачкала, 2014. №4(35). С.19-26.
13. Курбанов А.З., Алиомаров Л.М., Магомедова М.А. Оптимизация режимов резьбонарезания по качеству поверхности. В мире научных открытий. 2014. №12.2 (60) с 815-828.
14. Курбанов А.З., Вагабов Н.М., Алиомаров Л.М. Методика контроля среднего диаметра резьбы с несимметричным профилем. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. Махачкала: 2015. №4(39). С.8-14.
15. Вагабов Н.М., Курбанов А.З., Магомедова М.А. Исследование типового состояния зоны нарезания резьбы с помощью полного факторного эксперимента. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. Махачкала: 2015. №2(37). С.8-12.
16. Курбанов А.З., Алиомаров Л.М., Магомедова М.А. Исследование влияния геометрических параметров комбинированного инструмента на величину крутящего момента при резьбонарезании. Вестник ВСГУТУ. 2016. №5 (62) с.38-42.
17. Вагабов Н.М., Курбанов А.З., Магомедова М.А. Технология нарезания внутренних резьб высокой точности в деталях судовых машин, механизмов и судовой арматуры. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. Махачкала: 2016 Т.41. №2. С.28-33.

References:

1. Kurbanov A.Z. Vysokoproizvoditel'noe narezanie vnutrennikh rez'b v trudno-obrabatyvaemykh materialakh. Monografiya. Makhachkala: OAO «Delovoi mir»; 2004. 108 s. [Kurbanov A.Z. High-performance tapping of internal threads in hard-to-process materials. Monograph. Makhachkala: OAO «Delovoi mir»; 2004. 108 p. (In Russ.)]
2. Kurbanov A.Z. Abdullaev A.V. Metchik dlya obrabotki trudno-obrabatyvaemykh materialov. Avtorskoesvidetel'stvo №1618535 ot 08.09.1990 g. [Kurbanov A.Z. Abdullaev A.V. Tap for processing difficult-to-process materials. Author's certificate №1618535 from 08.09.1990 (In Russ.)]
3. Kurbanov A.Z. Obosnovanie progressivnoi tekhnologii inarezaniya rez'b v detalyakh iz trudnoobrabatyvaemykh materialov. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. Leningrad; 1987. 20 s. [Kurbanov A.Z. Substantiation of the progressive technology of threading in details from hard-to-process materials. Published summary of the candidate of technical sciences dissertation. Leningrad; 1987. 20 p. (In Russ.)]
4. Kozhenkov D.V., Kirsanov S.V. Rezanie materialov. M.: Mashinostroenie; 2012. 304 s. [Kozhenkov D.V., Kirsanov S.V. Cutting of materials. M.: Mashinostroenie; 2012. 304 p. (In Russ.)]
5. Rezhimy rezaniya trudno obrabatyvaemykh materialov: Spravochnik (Podred.Ya.L. Gurevich, M.V. Gorokhov, V.I. Zakharov i dr. M.: Mashinostroenie; 1986. 240 s. [Modes of cutting hard-to-process materials: A Handbook (Edited by Ya.L. Gurevich, M.V. Gorokhov, V.I. Zakharov et al. M.: Mashinostroenie; 1986. 240 p. (In Russ.)]
6. Kurbanov A.Z. i dr. Tekhnologiya narezaniya tochnykh rez'b v trudnoobrabatyvaemykh materialakh (kombinirovannyi instrument zenker-metchik). Monografiya. Makhachkala; 2015. 105 s. [Kurbanov A.Z. et al. The technology of tapping precise threads in hard-to-process materials (combined countersink-tap tool). Monograph. Makhachkala; 2015. 105 p. (In Russ.)]
7. Wu S.M. Tool-life testing by response surface methodology. Part I. Madison: University of Wisconsin-ASME; 1964. Paper №63. P.1.
8. Westphal H. Die spannende Bearbeitung von Titan. Werkstattstechnik und Maschinenbau; 1957. №3
9. Cook E. Titanium Demands Special Consideration. Machinery. 1956; 62 (7).
10. Sato T., Tujita N. The present stage and the future of the machinability data service in Japan. Proc. 14-th Int.Mach.Tool.Dec.and Res.Conf.Manchester, 1973. P.685-690.
11. Jacob E. Anwendung des Programms AUTOTECH – KOPA 2. Verteidigungstechnik und Betrieb. Bd.25. 1975; 11:668-672.

12. Kurbanov A.Z., Vagabov N.M., Aliomarov L.M. Issledovanie i optimizatsiyarabotosposobnosti i stoikosti kombinirovannogo instrumenta zenker-metchika. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2014;4(35):19-26. [Kurbanov A.Z., Vagabov N.M., Aliomarov L.M. Research and optimisation of the operability and durability of the combined countersink-tap tool. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2014;4(35):19-26. (In Russ.)]
13. Kurbanov A.Z., Aliomarov L.M., Magomedova M.A. Optimizatsiya rezhimovrez'bo narezaniya po kachestvu poverkhnosti. V mire nauchnykh otkrytii. 2014;12.2 (60):815-828. [Kurbanov A.Z., Aliomarov L.M., Magomedova M.A. Optimisation of thread cutting modes for surface quality. In the world of scientific discoveries. 2014;12.2 (60):815-828. (In Russ.)]
14. Kurbanov A.Z., Vagabov N.M., Aliomarov L.M. Metodika kontrolya srednego diametra rez'by s nesimmetrichnym profilem. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2015;№4(39):8-14. [Kurbanov A.Z., Vagabov N.M., Aliomarov L.M. Method for controlling the average thread diameter with an asymmetric profile. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2015;№4(39):8-14. (In Russ.)]
15. Vagabov N.M., Kurbanov A.Z., Magomedova M.A. Issledovanie tipovogo sostoyaniya zony narezaniya rez'by s pomoshch'yu polnogofaktornogo eksperimenta. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2015;2(37):8-12. [Vagabov N.M., Kurbanov A.Z., Magomedova M.A. Study of the typical state of the thread cutting zone using a full factorial experiment. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2015;2(37):8-12. (In Russ.)]
16. Kurbanov A.Z., Aliomarov L.M., Magomedova M.A. Issledovanie vliyaniya geometricheskikh parametrov kombinirovannogo instrumenta na velichinu krutyashchego momenta pri rez'bonarezanii. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2016;5(62):38-42. [Kurbanov A.Z., Aliomarov L.M., Magomedova M.A. Investigation of the influence of the combined tool geometric parameters on the amount of torque during thread cutting. ESSUTM Bulletin. 2016;5(62):38-42. (In Russ.)]
17. Vagabov N.M., Kurbanov A.Z., Magomedova M.A. Tekhnologiya narezaniya vnutrennikh rez'bvysokoitochnosti v detalyakh sudovykh mashin, mekhanizmov i sudovoarmatury. Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. 2016;41(2):28-33. [Vagabov N.M., Kurbanov A.Z., Magomedova M.A. Technology of tapping of internal threads of high accuracy in details of ship machinery, mechanisms and ship armature. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2016;41(2):28-33. (In Russ.)]

Сведения об авторах:

Вагабов Нурулла Магомедович – кандидат технических наук, старший преподаватель.

Курбанов Али Зулпукарович – кандидат технических наук, профессор.

Магомедова Марина Алиевна – кандидат педагогических наук, старший преподаватель.

Information about the authors:

Nurulla M. Vagabov – Cand. Sci. (Technical), Senior Lecturer.

Ali Z. Kurbanov – Cand. Sci. (Technical), Prof.

Marina A. Magomedova – Cand. Sci. (Pedagogical), Senior Lecturer.

Конфликт интересов.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 30.09.2017.

Принята в печать 08.11.2017.

Conflict of interest.

The authors declare no conflict of interest.

Received 30.09.2017.

Accepted for publication 08.11.2017.