

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Жовтобрюх В.А., канд. техн. наук
(ООО Технический Центр "ВариУс", г. Днепропетровск)

В работе приведены примеры разработки и внедрения эффективных технологических процессов механической обработки ответственных деталей машин с применением современных технологий, оборудования и инструментов ведущих станкоинструментальных фирм мира, позволивших многократно повысить производительность и уменьшить себестоимость обработки при обеспечении требований по качеству обрабатываемых поверхностей

Современное металлообрабатывающее производство требует широкого применения эффективных технологий механической обработки, прогрессивных конструкций оборудования и металлорежущих инструментов. Одним из эффективных направлений решения данной проблемы является применение оборудования и металлорежущих инструментов ведущих станкоинструментальных фирм мира, позволяющих существенно повысить производительность и качество обработки, снизить себестоимость производимой продукции [1, 2]. В работах [3–5] научно обоснованы условия эффективного использования данного оборудования и инструментов на машиностроительных предприятиях Украины.

Примером эффективного использования современных сборных твердосплавных инструментов с износостойкими покрытиями следует рассматривать фрезерование плоскостей и уступов корпусной детали "упор передний", изготовленной из стали 20ГЛ (легированной стали для отливок). Согласно существующей технологии, обработка рассматриваемой детали производится на вертикально-фрезерном станке мод. 6P13 с использованием концевых и торцевой фрез (рис. 1). На рис. 2 приведена 3D модель детали в приспособлении и 3D модель детали.



Рис. 1. Концевые (а) и торцевая (б) фрезы.

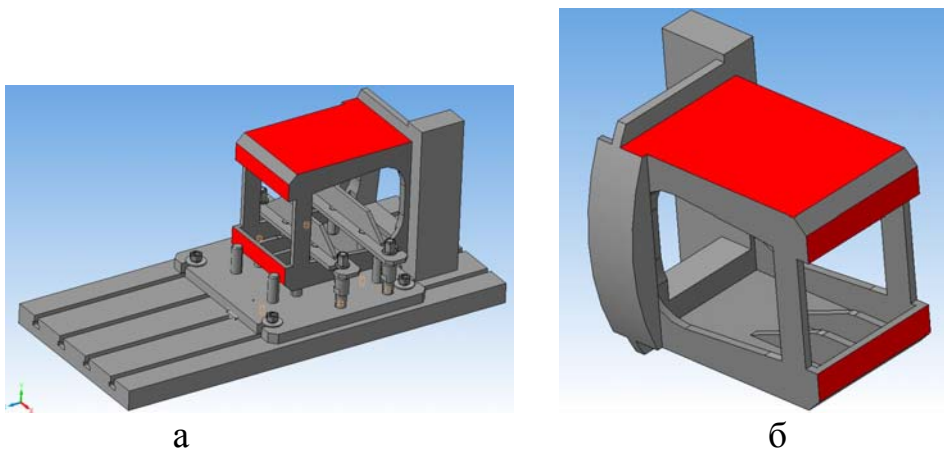


Рис. 2. 3D-модель детали в приспособлении (а) и 3D-модель детали (б)

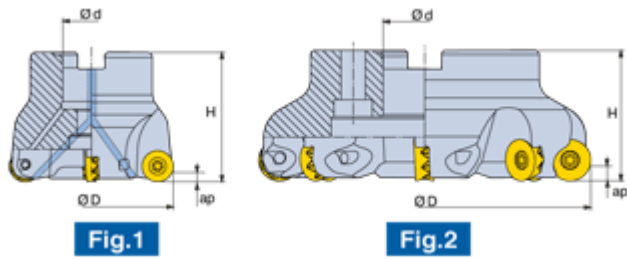
Основной недостаток существующей технологии фрезерования – высокая трудоемкость обработки в связи с повышенными физико-механическими свойствами обрабатываемого материала и низкой стойкостью применяемых инструментов. С целью уменьшения трудоемкости обработки предложено фрезерование плоскостей деталей выполнять сборной торцевой фрезой Ø63 мм TFMRY 463-22R-20 совместного производства фирм TaeguTec (Южная Корея) и ООО ТЦ “ВариУс” (Украина) (рис. 3), оснащенной круглыми твердосплавными пластинами (рис. 4). Общий вид используемой оправки BT40 40 SEM 22x60 и ее характеристики приведены на рис. 5.

В качестве инструментального материала использовался твердый сплав TT9080 с износостойким покрытием PVD TiAlN/TiN. Данный сплав является универсальным, его эффективной областью применения является обработка фактически всех видов сталей и чугунов. На рис. 6,а показана структура твердого сплава TT9080 с износостойким покрытием PVD TiAlN/TiN.

В качестве инструментального материала использовался также твердый сплав TT7080 с износостойким покрытием PVD TiAlN/TiN. Данный твердый сплав получил широкое применение при обработке всех видов сталей (по ISO: P10-P40). Структура твердого сплава TT7080 с износостойким покрытием PVD TiAlN/TiN показана на рис. 6,б.

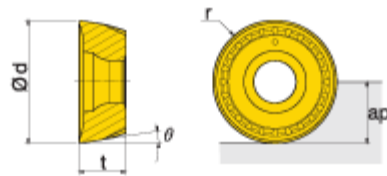
Фрезерование плоскостей деталей производилось на современном обрабатывающем центре DOOSAN DNM500 (рис. 7) с использованием следующего режима резания: скорость резания $V=150$ м/мин ($n=760$ об/мин); подача на зуб $S_z=0,1$ мм/зуб; подача $S=305$ мм/мин.

Фрезерование уступов на детали предложено производить фрезой кукурузной Ø63 мм TES D63-56-27R-AN16 (рис. 8), оснащенной пластинами ANHX 160708R-M TT7080 (рис. 9). При этом использовалась оправка BT40 SEMC 27x55 (рис. 10). В качестве инструментальных материалов использовались твердые сплавы TT9080 и TT7080 с износостойким покрытием PVD TiAlN/TiN. Обработка уступов на детали производилась на современном обрабатывающем центре DOOSAN DNM500 (рис. 7) с использованием следующего режима резания: скорость резания $V=120$ м/мин ($n=605$ об/мин); подача на зуб $S_z=0,1$ мм/зуб; подача $S=180$ мм/мин.



r	Z	D	d	H	ap	СОЖ	Рис	kg
10.00	4	63.00	22.000	50	10.00	О	1	0.459

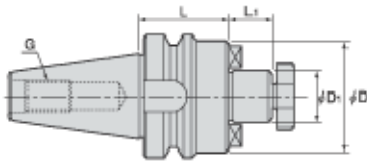
Рис. 3. Фреза торцевая Ø63 мм



ML

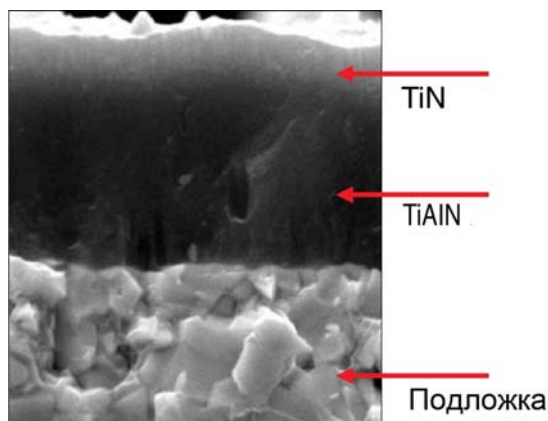
r	d	t	ap	Рис
10.00	20.000	7.000	10.00	2

Рис. 4. Твердосплавная пластина из ТТ9080

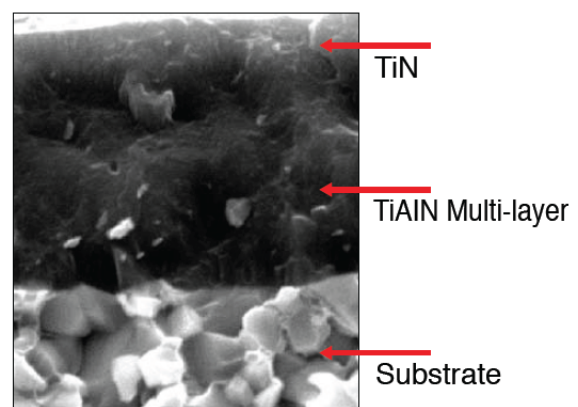


D1	L	L1	D	G
22.00	60.00	0.00	47.00	M16

Рис. 5. Оправка



а



б

Рис. 6. Структуры твердого сплава ТТ9080 (а) и ТТ7080 (б) с износостойким покрытием PVD TiAlN/TiN

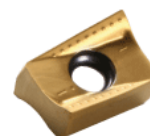
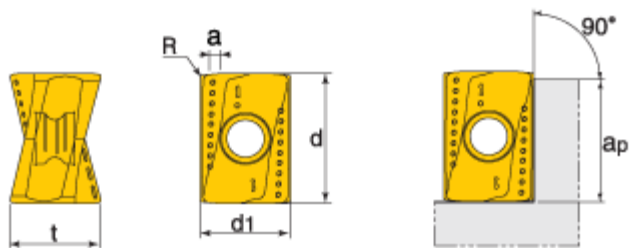


Рис. 7. Обрабатывающий центр DOOSAN DNM500



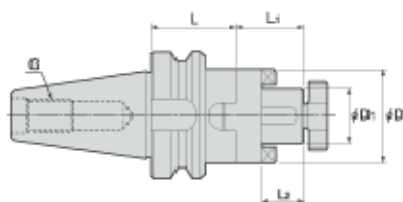
Зубьев	Z	D	d	L	ap
3	12	63.00	27.000	80.00	56.00

Рис. 8. Фреза кукурузная Ø63 мм TES D63-56-27R-AN16



d	d1	a	t	r	ap
16.000	11.00	1.40	10.600	0.80	15.00

Рис. 9. Пластина ANHX 160708R-M TT7080



D1	L	L1	L2	D	G
22.00	53.00	0.00	19.0	40.00	M16

Рис. 10. Оправка BT40 SEMC 27x55

Внедрение в основное производство Папаснянского вагоноремонтного завода предложенной технологии фрезерования плоскостей и уступов деталей позволило уменьшить машинное время обработки с 40 мин (по существующей технологии) до 16 мин, т.е. в 2,5 раза.

Основным недостатком изготовления деталей гидравлических систем является низкая производительность и высокая трудоемкость их механической обработки. В значительной степени это относится к обработке такой ответственной детали как “цилиндр” (рис. 11, рис. 12), производство которой освоено в ПАО “Насосэнергомаш”. Данная деталь изготавливается из конструкционной углеродистой качественной стали 45.

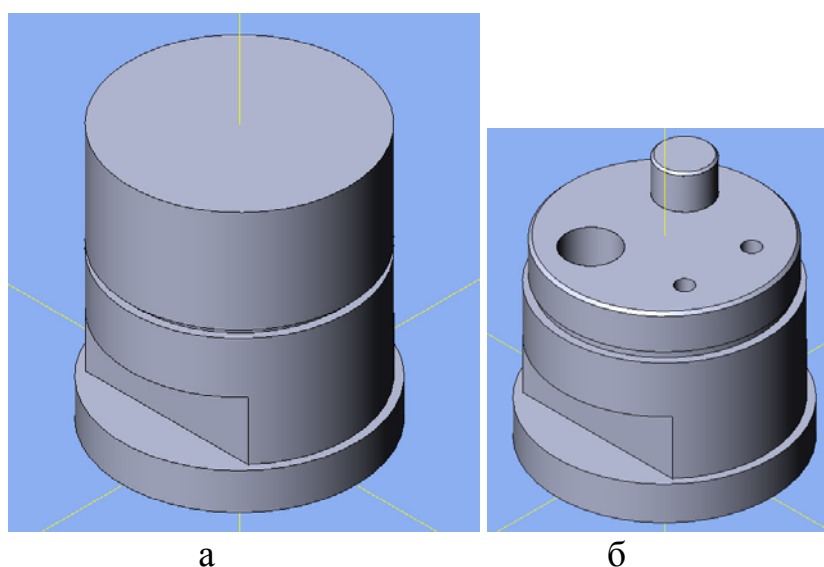


Рис. 11. 3D-модель заготовки (а) и 3D-модель (б) детали “цилиндр”



Рис. 12. Фотографии заготовки (а) и детали “цилиндр” (б)

Традиционно обработка детали “цилиндр” производится на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ мод. ГФ-2171 с использованием концевых фрез, сверл, метчиков и плашек отечественного производства. С целью повышения эффективности обработки данной детали предложено использовать современные

сборные твердосплавные режущие инструменты фирмы TaeguTec (Южная Корея) (рис. 13).



Рис. 13. Используемые современные режущие инструменты

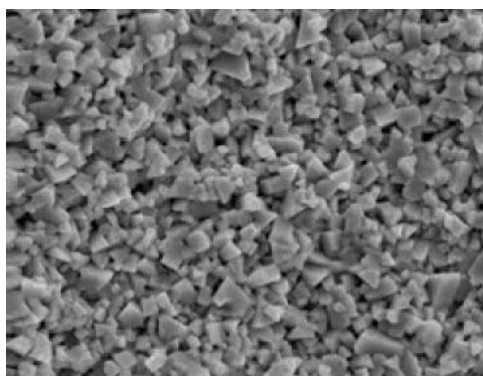


Рис. 14. Структура твердого сплава UF10

Режущие части инструментов изготовлены из твердого сплава TT9080 с износостойким покрытием PVD TiAlN/TiN, из твердых сплавов TT1040 (по ISO: P05-P20, K05-K20, H05-H25) и TT9030 (по ISO: P15-P35, M10-M30, S15-S25) с износостойким покрытием PVD TiAlN. Эффективной областью применения этих твердых сплавов является высокоскоростная обработка сталей, чугунов и закаленных сталей с твердостью до HRC 70. Применялся твердый сплав без покрытия UF10 (по ISO: N20-N30). Его структура показана на рис. 14.

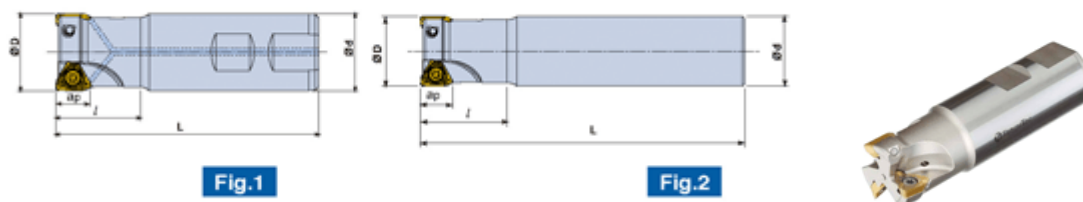
Фрезерование плоскости (размер $\varnothing 140$), предварительное фрезерование отверстия диаметром $\varnothing 144$ под резьбу M36 (внутреннюю и наружную) производилось концевой фрезой $\varnothing 20$ 3P TE90-220-20-10-L170, оснащенной твердосплавными пластинами ЗРКТ 100408R-M TT7080 с 3-мя режущими кромками (рис. 15). При этом использовались оправка BT50 TMC 32-135 и цанга CSR 32-20 (рис. 16).

Сверление 2-х отверстий под резьбу M12 производилось сверлом $\varnothing 10,3$ TCD 100-104-16T3-5D и коронкой TCD-103-P TT9080 (рис. 17). При этом использовались оправка BT50 ER 32x125 и цанга ER32 SEAL 15-16 (рис. 18).

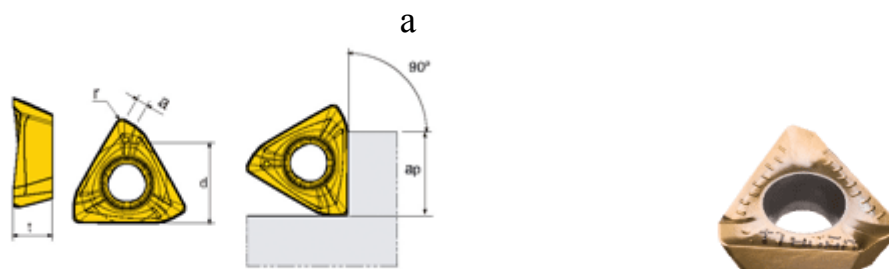
Чистовое фрезерование отверстия $\varnothing 144$ под резьбу M36 производилось фрезой $\varnothing 18$ HES 4180T TT9030 с использованием оправки BT50 ER 32x125 и цанги ER32 SPR 19-20AA (рис. 19). Фрезерование фасок 1,5x45 и 2x45, центровка отверстия и разметка производилось фасочной фрезой $\varnothing 12$ SEM 2120 UF10 с применением оправки BT50 ER 32x125 и цанги ER32 SPR 11-12

(рис. 20). Нарезание в 3-х отверстиях резьбы М12х1.5 осуществлялось резьбофрезой ТМТЕС 0807С24 1.5 ISO ТТ9030 с использованием оправки ВТ50 ER 32х125 и цанги ER32 SPR 7-8 АА (рис. 21).

Нарезание наружной резьбы М36х3 производилось резьбофрезой ТМТSR 0025 К21, оснащенной твердосплавной пластиной ТМТ21 Е 3.0 ISO ТТ9030, с применением оправки ВТ50 ЕМ 20х100 (рис. 22).

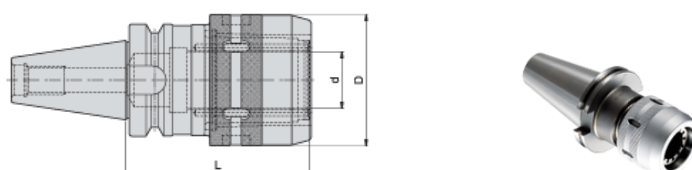


Z	D	d	L	l	ap	СОЖ
2	20.00	20.00	170.00	40.00	7.00	X



d	t	a	r	ap
6.90	4.000	0.90	0.80	7.00

Рис. 15. Фреза концевая (а) и твердосплавная пластина с 3-мя режущими кромками (б)

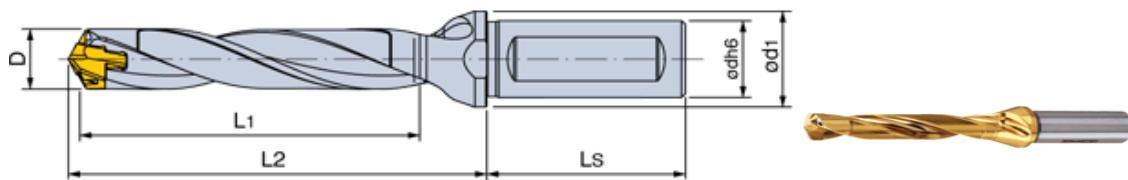


d	D	L
32.00	74.00	135.00

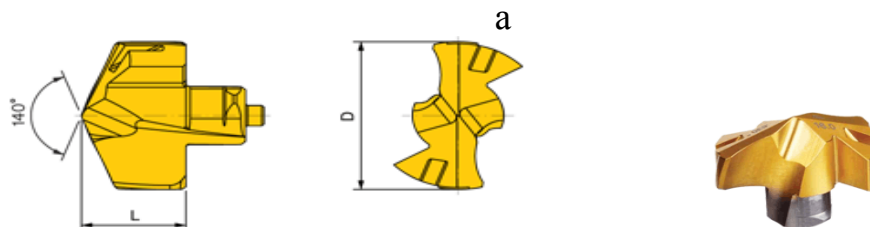


D	D1	B
20.00	32.00	65.00

Рис. 16. Оправка (а) и цанга (б)



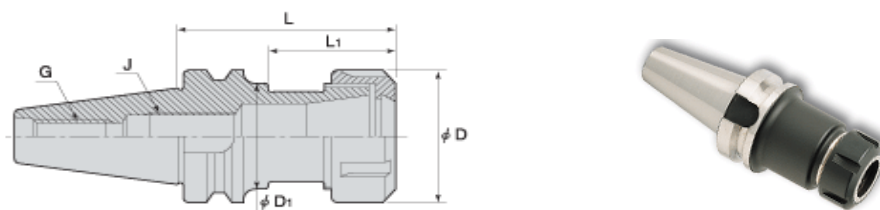
Dmin	Dmax	L	d	d1	L1	Ls	Po.Size
10.000	10.400	50.00	16.00	20.0	66.2	48.00	10



D	L	Po.Size
10.30	6.200	10

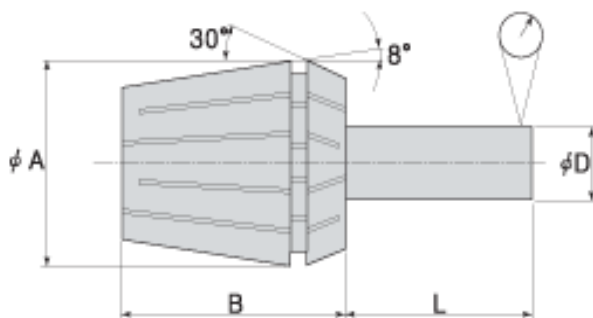
б

Рис. 17. Сверло (а) и коронка (б)



range	L	L1	D	D1	G	J
2-20	125.00	-	50.00	-	M24	M22X1.5

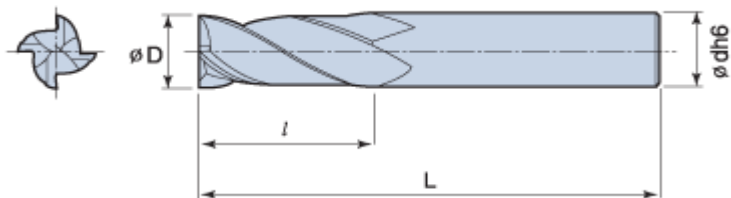
а



d min	d max	S s
15.00	16.00	ER 32

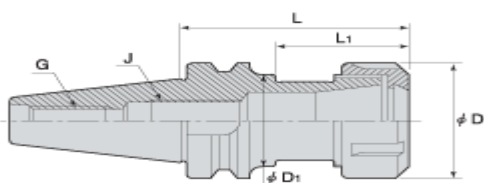
б

Рис. 18. Оправка (а) и цанга (б)



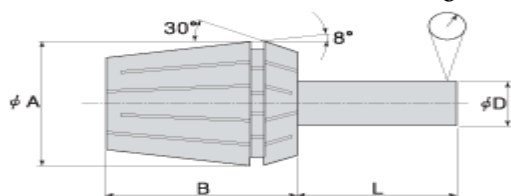
D	L	l	d
18.00	110.00	45.00	20.00

a



range	L	L1	D	D1	G	J
2-20	125.00	-	50.00	-	M24	M22X1.5

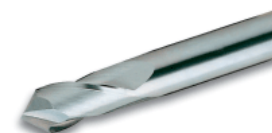
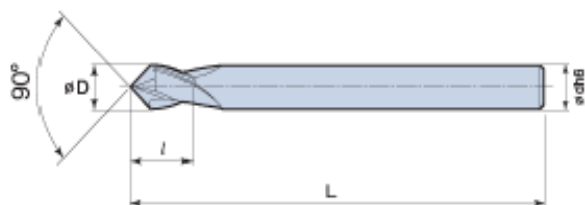
б



d min	d max	S s
19.00	20.00	ER 32

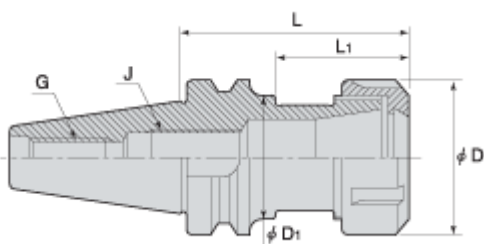
в

Рис. 19. Фреза (а), оправка (б) и цанга (в)



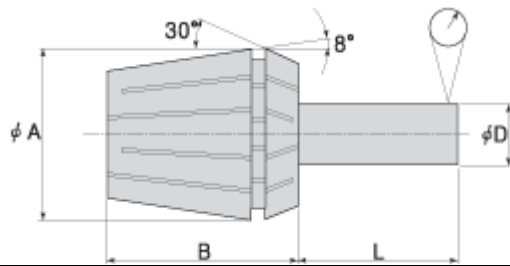
D	L	l	d
12.00	110.00	18.00	12.00

a



range	L	L1	D	D1	G	J
2-20	125.00	-	50.00	-	M24	M22X1.5

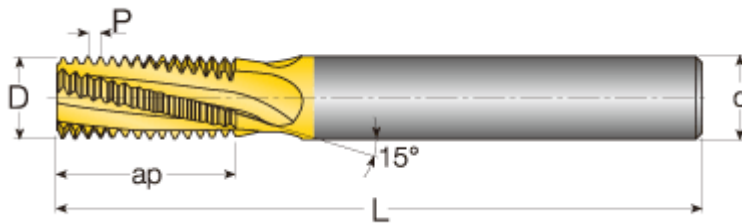
б



d min	d max	S s
11.00	12.00	ER 32

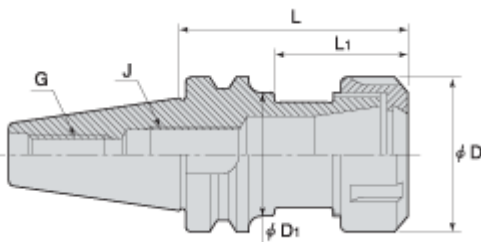
В

Рис. 20. Фасочная фреза (а), оправка (б) и цанга (в)



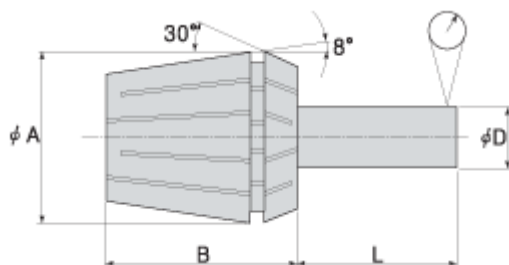
Шаг	0	0	d	Style 1	D	Зубья	ap	L
1.50	M10	>12	8.00	C	7.00	0	24.80	76.00

а



range	L	L1	D	D1	G	J
2-20	125.00	-	50.00	-	M24	M22X1.5

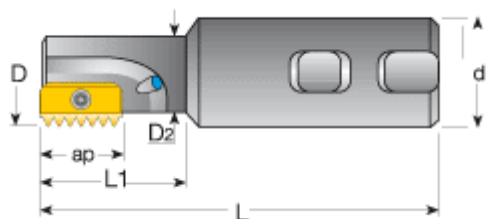
б



d min	d max	S s
7.00	8.00	ER 32

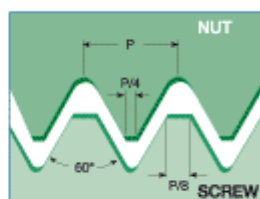
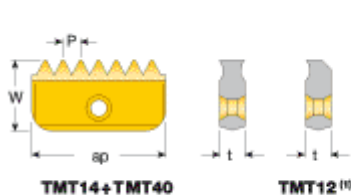
в

Рис. 21. Резьбофреза (а), оправка (б) и цанга (в)



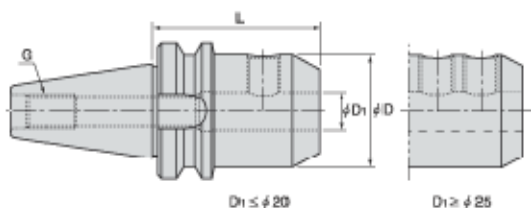
ap	D	d	D2	L	l2	СОЖ	Винт	Ключ	Tq(N.cm)
21.00	25.00	20.00	-	125.00	-	Y	TS21	TK21	515

а



Шаг	ap	d1	t
3.00	21.00	12.00	4.700

б



D1	L	D	G
20	100.00	52.00	M24

в

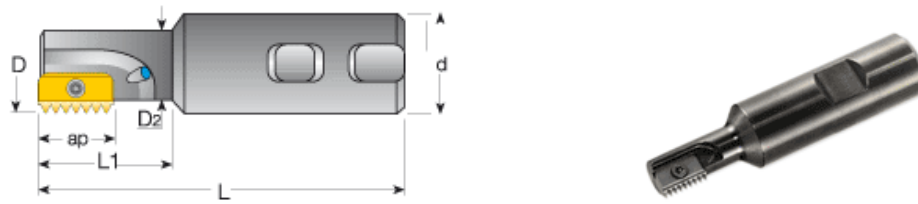
Рис. 22. Резьбофреза (а), пластина (б) и оправка (в)

Нарезание внутренней резьбы М36х3 осуществлялось резьбофрезой TMTSR 0025 K21, оснащенной твердосплавной пластиной TMT21 I 3.0 ISO TT9030, с использованием оправки BT50 ER 32x125 и цанги ER32 SPR 19-20 AA (рис. 23).

Обработка детали “цилиндр” по новой технологии производилась на обрабатывающем центре DOOSAN VM960 (рис. 24). Обработанная деталь в Esprit показана на рис. 25. Контроль линейный размеров производился с помощью измерительного инструмента производства IDF, такого как: штангенциркуль с цифровой индикацией ШЦЦ-I диапазон 0-250 мм (цена деления 0,01 мм); измеритель шероховатости TR-100; шаблон, для контроля фасок; калибр-пробка ГОСТ 16093-70.

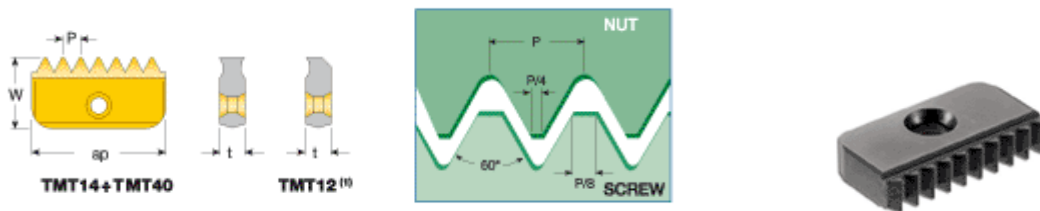
В результате внедрения разработанных операций механической обработки детали “цилиндр” в основное производство ПАО “Насосэнергомаш” обеспечено уменьшение машинного времени в 3 раза: с 7,5 час (по существующей

технологии) до 2,5 час. При этом достигнуто существенное снижение себестоимости и повышение производительности обработки при обеспечении требуемых параметров качества обрабатываемых поверхностей.



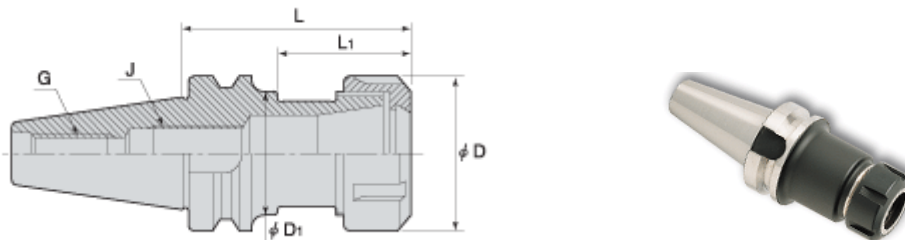
ap	D	d	D2	L	l2	СОЖ	Винт	Ключ	Tq(N.cm)
21.00	25.00	20.00	-	125.00	-	Y	TS21	TK21	515

а

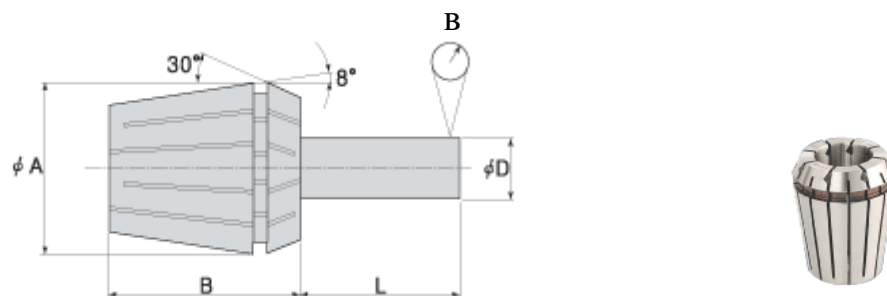


Шаг	ap	d1	t
3.00	21.00	12.00	4.700

б



range	L	L1	D	D1	G	J
2-20	125.00	-	50.00	-	M24	M22X1.5



d min	d max	S s
19.00	20.00	ER 32

г

Рис. 23. Резьбофреза (а), пластина (б), оправка (в) и цанга (г)



Рис. 24. Обрабатывающий центр DOOSAN VM960

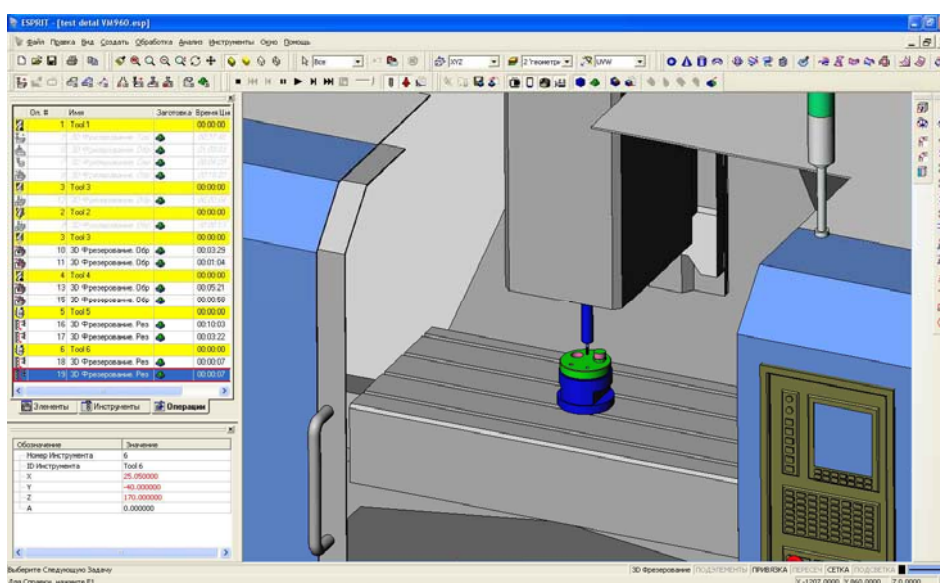


Рис. 25. Обработанная деталь в Esprit

Таким образом, в работе приведены примеры разработки и внедрения эффективных технологических процессов механической обработки ответственных деталей машин с применением современных технологий, оборудования и инструментов ведущих станкоинструментальных фирм мира. Показано, что их применение позволило многократно повысить производительность и уменьшить себестоимость обработки при обеспечении требований по качеству обрабатываемых поверхностей.

Список литературы: 1. Резник Е.А. Высокоскоростное точение керамикой и CBN от компании TAEGUTEC / Е.А. Резник // Физические и компьютерные технологии: труды 20-й междунар. научн.-практ. конф. – Д.: ЛИРА, 2015. – С. 130–136. 2. Середюк Н.В. Монолитные фрезы TAEGUTEC нового поколения / Н.В. Середюк // Физические и компьютерные технологии: труды 20-й междунар. научн.-практ. конф. – Д.: ЛИРА, 2015. – С. 141–145. 3. Жовтобрюх В.А. Повышение эффективности механической обработки деталей гидравлических систем путем выбора рациональных параметров операций по критерию себестоимости: авто-

реф. дис. на соискание научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.02.08 “Технология машиностроения” / В.А. Жовтобрюх. – Мариуполь, 2012. – 21 с. **4.** Жовтобрюх В.А. Разработка эффективных операций механической обработки по критерию наименьшей себестоимости / В.А. Жовтобрюх, Ф.В. Новиков // Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении: материалы научн.-техн. конф., 22-24 мая 2013 г., г. Одесса–Киев: АТМ Украины, 2013. – С. 30-33. **5.** Жовтобрюх В.А. ESPRIT – лучший программный инструмент для производства. Опыт работы в Украине и в России / В.А. Жовтобрюх // Физические и компьютерные технологии: труды 20-й междунар. научн.-практ. конф. – Д.: ЛИРА, 2015. –С. 125-130.