ТЕХНОЛОГИЯ

Обработка металлов (технология • оборудование • инструменты). 2020 Том 22 № 4 с. 41–53 ISSN: 1994-6309 (print) / 2541-819X (online) DOI: 10.17212/1994-6309-2020-22.4-41-53



Обработка металлов (технология • оборудование • инструменты)



Сайт журнала: http://journals.nstu.ru/obrabotka_metallov

Технологическое исследование влияния параметров механической обработки на срок службы инструмента

Маноджкумар Шеладия^{1, 2, а, *}, Шейли Ачарья^{3, b}, Ганшьям Ачарья^{4, c}

1 Гуджаратский технологический университет, г. Ахмадабад, 38242, Индия

²Университет «Атмия», Инженерно-технологический факультет, г. Раджкот, 360005, Индия

АННОТАЦИЯ

³Технологический институт им. Сардара Валлаббхай Пателя, филиал Гуджаратского технологического университета, г. Васад, 388306, Индия ⁴Институт технологии и науки «Атмия», г. Раджкот, 360005, Индия

^{*a*} bhttps://orcid.org/0000-0002-9154-3355, ^(c) mvsheladiya@gmail.com, ^{*b*} bhttps://orcid.org/0000-0001-6428-8961, ^(c) shailee.acharya@gmail.com, ^c b https://orcid.org/0000-0002-3580-3116, g gdacharya@rediffmail.com

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

УДК 621.91:621.9.01:621.941.01

История статьи: Поступила: 11 сентября 2020 Рецензирование: 06 октября 2020 Принята к печати: 15 ноября 2020 Доступно онлайн: 15 декабря 2020

Ключевые слова: Стойкость инструмента Износ режущего инструмента по задней поверхности Шероховатость поверхности Температура режущей пластины

Благодарности: Авторский коллектив очень признателен Университету «Атмия» в г. Раджкоте за предоставление станка с ЧПУ и другими устройствами, а также Инженерному колледжу VVP за предоставление оборудования для оптического микроскопа.

Введение. Обрабатываемость является типичным критерием, который необходимо исследовать, и многие авторы предлагают различные параметры, описывающие ее количественную оценку. Технологические параметры, такие как скорость, подача, глубина резания, комбинация инструмента и детали, типы станков и их состояние, смазочно-охлажлающая жилкость, опыт механиков и т. д. напрямую влияют на стойкость инструмента. Рациональный выбор инструмента существенно влияет на экономическую целесообразность обработки с точки зрения энергопотребления и затрат на инструмент. Метод исследования. В основном исследовалась стойкость инструмента на образцах из мягкой стали ISRO 50, BIS 1732: 1989 и при обработке с постоянной скоростью резания V = 200 м/мин. В промышленности мягкая сталь обычно используется для производства различных деталей. С учетом высокой производительности и чистоты поверхности обработка со скоростью 200 м/мин обычно является предпочтительной для достижения хорошего качества поверхности и экономичности процесса резания. Для токарной обработки использовался станок с числовым программным управлением (ЧПУ DX-150). В качестве режущего инструмента были выбраны сменные твердосплавные пластины TNMG 120408. Четыре угла пластины применялись для разного времени обработки: 10, 15, 20 и 25 мин соответственно. Износ инструмента по задней поверхности измеряли с помощью калиброванного оптического микроскопа. Температура инструмента во время обработки постоянно контролировалась на предмет ее возможного влияния на свойства сцепления вставки инструмента и красностойкость. Результаты и обсуждение. На основе установленной функциональной зависимости износа по задней поверхности от времени обработки становится возможным однозначное определение значения стойкости инструмента. В ходе проведенных исследований установлена взаимосвязь между стойкостью инструмента, временем обработки, количеством снятого металла, шероховатостью поверхности и температурой резца. В результате выполненных исследований разработан метод измерения износа инструмента и количественной оценки его обрабатываемости. Экспериментально подтверждено, что при постоянных параметрах процесса резания износ инструмента, температура и шероховатость поверхности зависят не только от времени обработки, но и от количества удаленного материала.

Для цитирования: Шеладия М.В., Ачарья Ш.Г., Ачарья Г.Д. Технологическое исследование влияния параметров механической обработки на срок службы инструмента // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2020. – Т. 22, № 4. – C. 41-53. - DOI: 10.17212/1994-6309-2020-22.4-41-53.

*Алрес для переписки Шеладия Маноджкумар В. Университет «Атмия» Инженерно-технологический факультет, 360005, г. Раджкот, Индия, Тел.: +91-9898278267, e-mail: mvsheladiya@gmail.com

Ввеление

Давление и температура на поверхности инструмента, контактирующей со стружкой, очень велики, и работа приводит к износу режущей кромки инструмента. Окончание срока службы инструмента происходит из-за масштабного преждевременного износа или постепенного износа в зависимости от условий резания [1-3]. Ожи-

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

даемый износ – это постепенный прогрессирующий износ режущей кромки при нормальных условиях. Он наступает, когда обработка становится шумной и менее эффективной, а создаваемая поверхность – шероховатой [4, 5]. Наряду с ожидаемым износом есть и другие показатели, такие как снижение прочности режущей кромки, увеличение усилия инструмента и потребляемой мощности, повышение температуры резания, потеря точности размеров деталей и, в конечном итоге, потеря производительности. Таким образом, для обеспечения лучшей обработки необходимо контролировать и минимизировать износ инструмента [6, 7].

Износ инструмента – сложное явление, происходящее в результате нескольких процессов или механизмов, которые включают абразивный износ, диффузионный, коррозионный, эрозионный износ и разрушение [8, 9]. Износ по задней поверхности и кратерный износ являются наиболее важными измеряемыми формами износа инструмента. Износ по задней поверхности происходит на боковых сторонах инструмента, где он контактирует с обработанной поверхностью, как результат адгезионного и абразивного износа [10]. При износе по задней поверхности наблюдается прирост сил резания. Это в значительной степени влияет на механику резки. Область износа по задней поверхности является

площадкой износа и измеряется шириной поверхности износа [11-13]. Кратерный износ в основном происходит из-за абразивного истирания и диффузии. Обычно износ задней поверхности инструмента вызывается трением между задней поверхностью инструмента и обрабатываемыми поверхностями. Его механизм очень сложен [14]. Адгезионный износ возникает, когда твердые включения рабочего материала или ускользнувшие частицы инструмента царапают заднюю поверхность и обрабатываемую деталь, а также перемещаются по площади контакта [15, 16].

Некоторые исследователи используют уменьшение веса

инструмента как меру его износа, но у этого метода есть ограничения, так как в процессе механической обработки резец испытывает адгезию и истирание. Адгезия приводит к прилипанию металлических частиц обрабатываемой детали, вес инструмента увеличивается, а фактический износ будет трудно установить. Кроме того, существует множество программных методов прогнозирования, но можно использовать и предложенный метод, поскольку он охватывает все аспекты, связанные с фактическими условиями обработки. Текущие исследования в основном сосредоточены на измерении износа по задней поверхности. Как правило, он наблюдается там, где образуется сплошная стружка (обычно в пластичном материале). В соответствии со стандартом ISO 3685:1993 для измерения износа основная режущая кромка разделена на четыре области, как показано на рис. 1. Износ инструмента обычно измеряется с помощью инструментального микроскопа (с системой видеосъемки и разрешением менее 0,01 мм) или измерительного прибора со щупом, аналогичного профилометру (со шлифованными алмазными иглами) [17].

Как правило, выход из строя и износ режущих инструментов зависит от материала и геометрии инструмента, материала заготовки, параметров резания (скорости резания, скорости подачи и



Puc. 1. Типы износа инструмента согласно стандарту ISO 3685:1993 *Fig. 1.* Types of tool wear according to norm ISO 3685:1993

TECHNOLOGY

CM

глубины резания), смазочно-охлаждающих жидкостей и характеристик станка. На рис. 2 показана типичная кривая течения износа по задней поверхности *VB*_в в зависимости от времени резания для различных скоростей резания [18].



Рис. 2. Эволюция площадки износа по задней поверхности *VB*_в в зависимости от времени резания для различных скоростей резания

Fig. 2. Evolution of flank wear land $VB_{\rm B}$ as a function of cutting time for different cutting speeds

Критерии, рекомендованные ISO 3685:1993 для определения безотказного срока службы твердосплавного инструмента, даны ниже: $VB_{\rm Bmax} = 0,6$ мм, если износ по задней поверхности неравномерен в области *B*.

Общие рекомендации, используемые в производственной практике для определения предела износа по задней поверхности VB_B для некоторых режущих материалов, приведены в табл. 1. Целью данной работы является установление взаимосвязи между стойкостью инструмента, временем обработки, количеством снятого металла, шероховатостью поверхности и температурой резца, а также разработка метода измерения износа инструмента и количественной оценки его обрабатываемости.

Методы исследования

Экспериментальная часть включала токарную обработку образцов из мягкой стали на станке DX-150 с числовым программным управлением (ЧПУ). Конечные диаметры вычислялись с помощью аналитического расчета в MS Excel для общего времени последовательного удаления слоев в виде стружки. В табл. 2 представлены начальный и конечный диаметры в качестве выходной функции времени обработки. Для получения различного количества металла, удаляемого в процессе обработки, намеренно заданы различные начальные условия, т. е. значения диаметра и длины для всех экспериментов.

Скорость, подача и глубина резания обрабатываемой детали выбирались в соответствии с рекомендациями для заданной комбинации инструмента и заготовки [19]. Входные и выходные переменные приведены на рис. 3. На основе начального и конечного диаметров заготовки была подготовлена программа с предварительными и вспомогательными командами, т. е. *G*-код и *M*-код, как указано в Приложении 1.

После обработки угол *1* инструмента ТNMG120408 изнашивался в течение 10 мин,

Таблица 1

Table 1

43

Рекомендации, используемые в производственной практике для определения предела износа по задней поверхности VB_B (мм) для некоторых режущих материалов

Recommendations used in industria	practice for a limit of flank we	ear <i>VB_B</i> (mm) for several	cutting tool
	materials		

Тип обработки / Operation	F	Спеченные	Твердосплавный	Керамики / Ceramics		
	стали / HSS	Cemented carbides	инструмент с износо- стойким покрытием / Coated carbides	Al ₂ O ₃	Si ₃ N ₄	
Черновая / Roughing	0,351,0	0,30,5	0,30,5	0,250,3	0,250,5	
Чистовая / Finishing	0,20,3	0,10,25	0,10,25	0,10,2	0,10,2	

ТЕХНОЛОГИЯ

Таблица 2

Table 2

Время обработки как функция начального и конечного диаметров Machining time as a function of initial and final diameters

№ п/п. / Sr. No.	Начальный диаметр, мм / Initial Diameter, mm	Конечный диаметр, мм / Final Diameter, mm	Длина, мм / Length, mm	Время, мин / Time, Min.
1	46,0	20,0	235,0	25,15
2	50,0	33,5	235,0	20,22
3	33,5	19,5	215,0	9,929
4	50,0	32,0	165,0	15,20



Puc. 3. Переменные ввода-вывода *Fig. 3.* I / O variables

угол 2 – в течение 15 мин, угол 3 – в течение 20 мин и угол 4 – в течение 25 мин.

Схема обработки на станке с ЧПУ показана на рис. 4, где представлена закрепленная заготовка в патроне (рис. 4, *a*). Сначала обрабатывались кулачки патрона для надежного захвата, а также использовался центр задней бабки, чтобы провести механическую обработку без вибрации. Температура угла твердосплавной пластины инструмента непрерывно измерялась с интервалом в одну минуту [20].

Износ по задней поверхности VB_{max} пластины измерялся с помощью откалиброванного оптического микроскопа серии RMM3 (произ-



Рис. 4. Настройка обработки детали и измерение температуры пластины инструмента: *а* – точение зажатой в патроне заготовки; *б* – программа ЧПУ; *в* – измерение температуры инструмента с помощью инфракрасного датчика

Fig. 4. Machining set-up of the workpiece and temperature of the tool bit insert measurement: *a* – workpiece holding on a chuck and turning; δ – CNC Program; *e* – temperature measurement of tool bit by infrared gun

TECHNOLOGY

водства Radical scientific Equipments), интегрированного с компьютерным интерфейсом, как показано на рис. 5. Прибор имеет возможность построить линию на увеличенном изображении угла пластины инструмента, и длину этой линии можно измерить. Таким образом, износ по задней поверхности *VB*_{max} измерялся для каждого из четырех углов.

На рис. 6 показано измерение шероховатости поверхности обработанного образца с помощью прибора для измерения шероховатости. Сначала калибруется прибор, и он может дать среднее значение шероховатости в микрометрах. Для измерения используются различные комбинации датчиков скольжения и V-образного блока [21, 22].

Результаты и обсуждение

Ниже приведены наблюдения, основанные на обработке и последующем количественном определении выходных параметров.

Скорость износа инструмента по задней поверхности (VB_{max})

Износ по задней поверхности ($VB_{\rm max}$) сначала определялся на увеличенном виде пластины с помощью цифрового микроскопа (рис. 7), с последующим измерением посредством соответствующего компьютерного интерфейса.

Согласно ISO 3685:1993 износ инструмента соответствует времени износа инструмента по задней поверхности 600 мкм, при линейной



а





Рис. 5 Цифровой микроскоп для измерения износа по задней поверхности пластины инструмента (10х):

а – настройка пластины на цифровом микроскопе; *б* – размещение вставки для измерения VB_{max}

Fig. 5 Digital microscope for measurement of flank wear on tool insert (10x):

a - set-up of the insert on digital microscope; δ - insert positioning for the measurement of VB_{max}



Puc. 6. Измерение шероховатости поверхности *Fig. 6.* Surface roughness measurement

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ



Рис. 7. Износ пластины инструмента по задней поверхности при разном времени обработки: *а* – износ по задней поверхности *VB*_{max} через 10 мин точения; *б* – износ по задней поверхности *VB*_{max} через 15 мин точения; *в* – износ по задней поверхности *VB*_{max} через 20 мин точения; *г* – износ по задней поверхности *VB*_{max} через 25 мин точения

Fig. 7. Flank wear of the tool insert at different machining time:

a – flank wear VB_{max} after 10 Min. machining; δ – flank wear VB_{max} after 15 Min. machining; s – flank wear VB_{max} after 25 Min. machining; c – flank wear VB_{max} after 25 Min. machining

интерполяции срок службы инструмента составляет 68 мин для комбинации заготовки из низкоуглеродистой стали и пластины TNMG 1604208. Такой же график показан на рис. 8. Линейная интерполяция сопоставима с диаграммой рассеяния со значением $R^2 = 0,9837$, указывающим на то, что предположение о ее линейности является верным. Это значение указывает на то, что уровень достоверности предположения составляет 98,37.

Шероховатость поверхности обработанной детали

Шероховатость поверхности обработанного образца измерялась в поперечном направлении четырьмя метками под углом 90° по его перифе-

46 Том 22 № 4 2020

рии с помощью измерителя шероховатости поверхности Mitutoyo SJ-201. Их значения приведены в табл. 3.

Температура резца во время обработки

Дополнительно с помощью цифрового инфракрасного термометра НТС МТ 6 измерялась температура в углу пластины во время обработки. Графики зависимости температуры от времени показаны на рис. 9. Для всех экспериментов значение температуры вставки инструмента в любой момент не превышало 80 °C, поэтому можно сказать, что точка красностойкости не достигается, но при повышенной температуре (выше комнатной)



Рис. 8. График зависимости износа по задней поверхности от времени обработки *Fig.* 8 Plot of flank wear vs. machining time

Таблица 3

Table 3

Roughness measurement of the machined workprete								
Средняя шероховатость, значение Ra, мкм / Roughness Average, Ra Value, µm								
Шероховатость поверхности / Surface Roughness	25 мин / 25 Min.	20 мин / 20 Min.	15 мин / 15 Min.	10 мин / 10 Min.				
1	4,08	3,15	2,95	3,04				
2	4,00	3,07	2,84	2,95				
3	4,07	3,06	2,87	3,08				
4	4,07	3,12	2,97	3,08				
Среднее/ Average	4,055	3,1	2,9075	3,0375				

Измерение шероховатости обработанной детали Roughness measurement of the machined workpiece

происходит размягчение любого металла, что приводит к более сильному износу, чем обозначенное значение.

Результаты научно-исследовательской работы приведены в табл. 4.

Анализ таблицы показывает, что износ боковин и среднее значение шероховатости поверхности, а также температура являются функцией массы, удаляемой механической обработкой при постоянных условиях резания, то есть скорости, подаче и глубине резания.

Заключение

На основе проведенных экспериментальных исследований разработан метод измерения износа инструмента и предложена количественная оценка его обрабатываемости. Ранее предполагалось, что если параметры резания постоянны, то износ инструмента, температура и шероховатость поверхности зависят только от времени обработки. Однако в ходе проведенных исследований было установлено, что указанные параметры являются функцией количества удаляемого

47



Puc. 9. График зависимости температуры в углу пластины от времени обработки *Fig. 9.* Temperature vs. time plot at the corner of the insert during machining

Таблица 4 Table 4

ла									
Начальный диаметр, мм / Initial Dia., mm	Конечный диаметр, мм / Final Dia., mm	Длина, мм / Length, mm	Время механической обработки, мин / Machining Time in Min.	Объем удаленного материала, мм ³ / Volume Removed in mm ³	Средняя шероховатость поверхности, мкм / Average Surface Roughness in µm	Macca удаленного материала, кг / Mass Removed in kg	Температура, °С / Temp. in °С	Износ по задней поверхности, мкм / Flank Wear in µm	
46	20	235	25	316 719,7	4,055	2,486249	71,5	222,872	
50	33,5	235	20	254 289,3	3,1	1,996171	63	234,967	
33,5	20	215	15	121 959,6	2,9075	0,957383	52,4	119,423	
50	32	165	10	191 275,9	3,0375	1,501516	63	126,943	

Сводная таблица всех параметров исследовательской работы Summary table of all parameters of the research work

OBRABOTKA METALLOV

CM

TECHNOLOGY

металла. Также наблюдается тенденция изменения температуры твердосплавной сменной пластины инструмента во время обработки. Данная зависимость описывается практически линейной функцией со значением среднеквадратичного отклонения R^2 выше 0,90.

Список литературы

1. Sheikh-Ahmad J., Davim J.P. Tool wear in machining processes for composites // Machining technology for composite materials: principles and practice. – Cambridge, UK; Philadelphia, PA, 2012. – Ch. 5.–P.116–153.–DOI:10.1533/9780857095145.1.116.

2. *Paul S., Chattopadhyay A.B.* Environmentally conscious machining and grinding with cryogenic cooling // Machining Science and Technology. – 2006. – Vol. 10, iss. 1. – P. 87–131. – DOI: 10.1080/10910340500534316.

3. Zakovorotny V.L., Lapshin V.P., Babenko T.S. Modeling of tool wear: irreversible energy transformations // Russian Engineering Research. – 2018. – Vol. 38, iss. 9. – P. 707–708. – DOI: 10.3103/ S1068798X18090290.

4. *Bhuiyan M.S.H., Choudhury I.A.* Review of sensor applications in tool condition monitoring in machining // Comprehensive Materials Processing. – 2014. – Vol. 13. – P. 539–569. – DOI: 10.1016/B978-0-08-096532-1.01330-3.

5. Zhu K., Wong Y.S., Hong G.S. Multi-category micro-milling tool wears monitoring with continuous hidden Markov models // Mechanical Systems and Signal Processing. – 2009. – Vol. 23, iss. 2. – P. 547–560. – DOI: 10.1016/j.ymssp.2008.04.010.

6. Development of a tool wear-monitoring system for hard turning / C. Scheffer, H. Kratz, P.S. Heyns, F. Klocke // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2003. – Vol. 43, iss. 10. – P. 973–985. – DOI: 10.1016/S0890-6955(03)00110-X.

7. *Lee K., Dornfeld D.A.* Micro-burr formation and minimization through process control // Precision Engineering. – 2005. – Vol. 29, iss. 2. – P. 246–252. – DOI: 10.1016/j.precisioneng.2004.09.002.

8. *Shaw M.C.* Metal cutting principles. – 2nd ed. – Oxford: Oxford University Press, 2005. – 672 p. – ISBN 9780195142068.

9. *Grzesik W., Zalisz Z.* Wear phenomenon in the hard steel machining using ceramic tools // Tribology International. – 2008. – Vol. 41, iss. 8. – P. 802–812. – DOI: 10.1016/j.triboint.2008.02.003.

10. Dhar N.R., Paul S., Chattopadhyay A.B. The influence of cryogenic cooling on tool wear, dimensional accuracy and surface finish in turning AISI 1040 and E4340C steels // Wear. – 2001. – Vol. 249, iss. 10–11. – P. 932–942. – DOI: 10.1016/ S0043-1648(01)00825-0. 11. Venugopal K.A., Paul S., Chattopadhyay A.B. Growth of tool wear in turning of Ti-6Al-4V alloy under cryogenic cooling // Wear. – 2007. – Vol. 262, iss. 9–10. – P. 1071–1078. – DOI: 10.1016/j.wear.2006.11.010.

12. Modelling of surface finish and tool flank wear in turning of AISI D2 steel with ceramic wiper inserts / T. Özel, Y. Karpat, L. Figueira, J.P. Davim // Journal of Materials Processing Technology. – 2007. – Vol. 189, iss. 1–3. – P. 192–198. – DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2007.01.021.

13. Modeling flank wear of carbide tool insert in metal cutting / X. Luo, K. Cheng, R. Holt, X. Liu // Wear. – 2005. – Vol. 259, iss. 7–12. – P. 1235–1240. – DOI: 10.1016/j.wear.2005.02.044.

14. Симсиве Ж.В., Кутышкин А.В., Симсиве Д.Ц. Оценка износа твердосплавного режущего инструмента при механической обработке // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2012. – № 1. – С. 50–55.

15. Metal machining: theory and applications / K. Maekawa, T. Obikawa, Y. Yamane, T.H. Childs. – 1st ed. – Oxford: Butterworth-Heinemann Publ., 2000. – 408 p. – ISBN 978-0340691595. – ISBN 034069159X.

16. Microstructural aspects determining the adhesive wear of tool steels / G.A. Fontalvo, R. Humer, C. Mitterer, K. Sammt, I. Schemmel // Wear. – 2006. – Vol. 260, iss. 9–10. – P. 1028–1034. – DOI: 10.1016/j. wear.2005.07.001.

17. *Khrais S.K., Lin Y.J.* Wear mechanisms and tool performance of TiAlN PVD coated inserts during machining of AISI 4140 steel // Wear. – 2007. – Vol. 262, iss. 1–2. – P. 64–69. – DOI: 10.1016/j.wear.2006.03.052.

18. Influence of buildup in lathe processes on tool life and surface quality / S.G. Emel'yanov, E.I. Yatsun, S.V. Shvets, A.I. Remnev, E.V. Pavlov // Russian Engineering Research. – 2011. – Vol. 31, iss. 12. – P. 1276–1278. – DOI: 10.3103/S1068798X11120100.

19. Machine tool design handbook / Central Machine Tool Institute (CMTI). – New Delhi: McGraw-Hill Education Publ., 1983. – P. 421–588.

20. *Sheikh-Ahmad J.Y., Bailey J.A.* High-temperature wear of cemented tungsten carbide tools while machining particleboard and fiberboard // Journal of Wood Science. – 1999. – Vol. 45, iss. 6. – P. 445–455. – DOI: 10.1007/BF00538952.

21. Benardos P.G., Vosniakos G.C. Predicting surface roughness in machining: a review // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2003. – Vol. 43, iss. 8. – P. 833–844. – DOI: 10.1016/S0890-6955(03)00059-2.

22. *Khara J., Sheladiya M.V., Acharya G.D.* Machining parameters optimization of AISI 4340 // IUP Journal of Mechanical Engineering. – 2019. – Vol. 12, iss. 2. – P. 43–64. CM

Приложение 1 Appendix 1

Программа ЧПУ для проведения экспериментальных работ CNC Program for the experimental work

N10 G90 G53 G64	N210 G01 Z-235	N420 X43;	N660 X39;	N900 X35;
G71 G95;	F0.25;	N430 G01 Z-235	N670 G01 Z-235	N910 G01 Z-235
N20 M03:	N220 G00 X49 Z2;	F0.25;	F0.25;	F0.25;
N30 G96 S200	N210 X46.5;	N440 G00 X45 Z2;	N680 G00 X41 Z2;	N920 G00 X37 Z2;
LIMS=1370 M03;	N220 G01 Z-235	N450 X42.5;	N690 X38.5;	N930 X34.5;
N40 T1;	F0.25;	N460 G01 Z-235	N700 G01 Z-235	N940 G01 Z-235
N50 M16 D1;	N230 G00 X48.5 Z2;	F0.25;	F0.25;	F0.25;
N60 M08;	N240 X46;	N470 G00 X44.5 Z2;	N710 G00 X40.5 Z2;	N950 G00 X36.5 Z2;
N70 G00 X51.5 Z2;	N250 G01 Z-235	N480 X42;	N720 X38;	N960 X34;
N80 X49.5;	F0.25;	N490 G01 Z-235	N730 G01 Z-235	N970 G01 Z-235
N90 G01 Z-235	N260 G00 X48 Z2;	F0.25;	F0.25;	F0.25;
F0.25;	N270 X45.5;	N500 G00 X44 Z2;	N740 G00 X40 Z2;	N980 G00 X36 Z2;
N100 G00 X51.5 Z2;	N280 G01 Z-235	N510 X41.5;	N750 X37.5;	N990 X33.5;
N80 X49;	F0.25;	N520 G01 Z-235	N760 G01 Z-235	N1000 G00 X100
N90 G01 Z-235	N290 G00 X47.5 Z2;	F0.25;	F0.25;	Z50;
F0.25;	N300 X45;	N530 G00 X43.5 Z2;	N770 G00 X39.5 Z2;	N1010 M09;
N100 G00 X51 Z2;	N310 G01 Z-235	N540 X41;	N780 X37;	N1020 M30;
N110 X48.5;	F0.25;	N550 G01 Z-235	N790 G01 Z-235	%
N120 G01 Z-235	N320 G00 X47 Z2;	F0.25;	F0.25;	
F0.25;	N330 X44.5;	N560 G00 X43 Z2;	N800 G00 X39 Z2;	
N130 G00 X50.5 Z2;	N340 G01 Z-235	N570 X40.5;	N810 X36.5;	
N140 X48;	F0.25;	N580 G01 Z-235	N820 G01 Z-235	
N150 G01 Z-235	N350 G00 X46.5 Z2;	F0.25;	F0.25;	
F0.25;	N360 X44;	N590 G00 X42.5 Z2;	N830 G00 X38.5 Z2;	
N160 G00 X50 Z2;	N370 G01 Z-235	N600 X40;	N840 X36;	
N170 X47.5;	F0.25;	N610 G01 Z-235	N850 G01 Z-235	
N180 G01 Z-235	N380 G00 X46 Z2;	F0.25;	F0.25;	
F0.25;	N390 X43.5;	N620 G00 X42 Z2;	N860 G00 X38 Z2;	
N190 G00 X49.5 Z2;	N400 G01 Z-235	N630 X39.5;	N870 X35.5;	
N200 X47;	F0.25;	N640 G01 Z-235	N880 G01 Z-235	
	N410 G00 X45.5 Z2;	F0.25;	F0.25;	
		N650 G00 X41 5 Z2	N890 G00 X37 5 Z2	

Приложение 2

Appendix 2

Программа MS Excel для фиксирования значения минимального диаметра на основе времени обработки 15 минут

MS Excel program for fixing minimum diameter on the basis of time for 15 minutes machining

Pass	L	Length	Diameter	Speed(RPM)	Feed (mm/ min)	Time	Time (sec)	Cumulative time
1	165	165	49,5	1286,101	321,53	0,51	30,79	0,51
2	165	330	49	1299,224	324,81	0,51	30,48	1,02
3	165	495	48,5	1312,618	328,15	0,50	30,17	1,52
4	165	660	48	1326,291	331,57	0,50	29,86	2,02
5	165	825	47,5	1340,252	335,06	0,49	29,55	2,51
6	165	990	47	1354,51	338,63	0,49	29,24	3,00
7	165	1155	46,5	1369,075	342,27	0,48	28,92	3,48

Окончание прил. 2 The End Appendix 2

CM

Pass	L	Length	Diameter	Speed(RPM)	Feed (mm/ min)	Time	Time (sec)	Cumulative time
8	165	1320	46	1383,956	345,99	0,48	28,61	3,96
9	165	1485	45,5	1399,164	349,79	0,47	28,30	4,43
10	165	1650	45	1414,711	353,68	0,47	27,99	4,90
11	165	1815	44,5	1430,606	357,65	0,46	27,68	5,36
12	165	1980	44	1446,863	361,72	0,46	27,37	5,82
13	165	2145	43,5	1463,494	365,87	0,45	27,06	6,27
14	165	2310	43	1480,511	370,13	0,45	26,75	6,71
15	165	2475	42,5	1497,929	374,48	0,44	26,44	7,15
16	165	2640	42	1515,761	378,94	0,44	26,13	7,59
17	165	2805	41,5	1534,024	383,51	0,43	25,81	8,02
18	165	2970	41	1552,731	388,18	0,43	25,50	8,44
19	165	3135	40,5	1571,901	392,98	0,42	25,19	8,86
20	165	3300	40	1591,549	397,89	0,41	24,88	9,28
21	165	3465	39,5	1611,696	402,92	0,41	24,57	9,69
22	165	3630	39	1632,358	408,09	0,40	24,26	10,09
23	165	3795	38,5	1653,558	413,39	0,40	23,95	10,49
24	165	3960	38	1675,315	418,83	0,39	23,64	10,89
25	165	4125	37,5	1697,653	424,41	0,39	23,33	11,27
26	165	4290	37	1720,594	430,15	0,38	23,02	11,66
27	165	4455	36,5	1744,164	436,04	0,38	22,70	12,04
28	165	4620	36	1768,388	442,10	0,37	22,39	12,41
29	165	4785	35,5	1793,295	448,32	0,37	22,08	12,78
30	165	4950	35	1818,914	454,73	0,36	21,77	13,14
31	165	5115	34,5	1845,275	461,32	0.36	21,46	13,50
32	165	5280	34	1872,411	468,10	0,35	21,15	13,85
33	165	5445	33,5	1900,358	475,09	0,35	20,84	14,20
34	165	5610	33	1929,151	482,29	0,34	20,53	14,54
35	165	5775	32,5	1958,83	489,71	0,34	20,22	14,88
36	165	5940	32	1989,437	497,36	0,33	19,91	15,21

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2020 Авторы. Издательство Новосибирского государственного технического университета. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)



Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) = Metal Working and Material Science. 2020 vol. 22 no. 4 pp. 41–53 ISSN: 1994-6309 (print) / 2541-819X (online) DOI: 10.17212/1994-6309-2020-22.4-41-53



Technological Investigation of Effect of Machining Parameter on Tool Life

Manojkumar Sheladiya^{1, 2, a,*}, Shailee Acharya^{3, b}, Ghanshyam Acharya^{4, c}

¹Gujarat Technological University, Ahmedabad, 382424, India

² Atmiya University, Faculty of Engineering & Technology, Yogidham Gurukul, Kalawad Road, Rajkot, 360005, India

³ Sardar Vallabhbhai Patel Institute of Technology, Affiliated to GTU, Vasad, 388306, India

⁴ Atmiya Institute of Technology and Science, Yogidham Gurukul, Kalawad Road, Rajkot, 360005, India

^{*a*} ^{*b*} https://orcid.org/0000-0002-9154-3355, ^(C) mvsheladiya@gmail.com, ^{*b*} ^{*b*} https://orcid.org/0000-0001-6428-8961, ^(C) shailee.acharya@gmail.com, ^{*c*} ^{*b*} https://orcid.org/0000-0002-3580-3116, ^(C) gdacharya@rediffmail.com

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history: Received: 11 September 2020 Revised: 06 October 2020 Accepted: 15 November 2020 Available online: 15 December 2020

Keywords: Tool life Metal removed Surface Roughness Tool bit temperature

Acknowledgment

The group of authors is very much obligated to the Atmiya University, Rajkot for availing the facility of CNC machine and other facilities and VVP College, Rajkot for providing the facility of an optical microscope. Introduction. The machinability is typical criteria to be investigated and different authors suggested different parameters describing its quantification. Different parameters i, e, speed, feed, depth of cut, tool work-piece combination, machine types and its condition, cutting fluid, machinist expertise, etc. are contributing directly to the tool life. The selection of the tool for the machining impacts greatly on the economic viability of the machining in terms of energy usage and tooling costs. The method of investigation. The current research emphasis mainly on tool life investigation when machining the mild steel specimens ISRO 50, BIS 1732:1989 at constant cutting speed i.e. 200 m / min. In the industries the mild steel material is commonly used for various products manufacturing. Considering the high demands on productivity and surface finish, machining at 200 m / min is the preferred. The computerized numerical control machine (CNC DX-150) is used for the turning. The four corner insert (TNMG 120408) is used for different machining times i.e. 10, 15, 20 and 25 minutes respectively. The flank wear of the tool is measured with calibrated optical microscope. The temperature of the tool corner during machining is continuously measured for possible impact of temperature on bonding properties of the tool insert and impact on red hardness. Results and discussion. The plot of flank wear vs. machining time will give the value of tool life. The other quality output parameter, such as surface roughness, is measured after machining, indicating surface irregularities in root means square value. Efforts have been made to identify the relationship of tool life, machining time, the quantity of metal removed, surface roughness, and tool bit temperature.

For citation: Sheladiya M.V., Acharya S.G., Acharya G.D. Technological investigation of effect of machining parameter on tool life. *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) = Metal Working and Material Science*, 2020, vol. 22, no. 4, pp. 41–53. DOI: 10.17212/1994-6309-2020-22.4-41-53. (In Russian).

References

1. Sheikh-Ahmad J., Davim J.P. Tool wear in machining processes for composites. *Machining technology for composite materials: principles and practice*. Cambridge, UK, Philadelphia, PA, 2012, ch. 5, pp. 116–153. DOI: 10.1533/9780857095145.1.116.

2. Paul S., Chattopadhyay A.B. Environmentally conscious machining and grinding with cryogenic cooling. *Machining Science and Technology*, 2006, vol. 10, iss. 1, pp. 87–131. DOI: 10.1080/10910340500534316.

3. Zakovorotny V.L., Lapshin V.P., Babenko T.S. Modeling of tool wear: irreversible energy transformations. *Russian Engineering Research*, 2018, vol. 38, iss. 9, pp. 707–708. DOI: 10.3103/S1068798X18090290.

Sheladiya Manojkumar V, M.Tech. (Engineering), Assistant Professor Atmiya University, Faculty of Engineering & Technology, Yogidham Gurukul, Kalawad Road, 360005, Rajkot, Gujarat, India. **Tel.:** +91-9898278267, **e-mail:** mvsheladiya@gmail.com

52 Vol. 22 No. 4 2020

^{*} Corresponding author

CM

4. Bhuiyan M.S.H., Choudhury I.A. Review of sensor applications in tool condition monitoring in machining. Comprehensive Materials Processing, 2014, vol. 13, pp. 539–569. DOI: 10.1016/B978-0-08-096532-1.01330-3.

5. Zhu K., Wong Y.S., Hong G.S. Multi-category micro-milling tool wears monitoring with continuous hidden Markov models. Mechanical Systems and Signal Processing, 2009, vol. 23, iss. 2, pp. 547-560. DOI: 10.1016/j. ymssp.2008.04.010.

6. Scheffer C., Kratz H., Heyns P.S., Klocke F. Development of a tool wear-monitoring system for hard turning. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2003, vol. 43, iss. 10, pp. 973–985. DOI: 10.1016/S0890-6955(03)00110-X.

7. Lee K., Dornfeld D.A. Micro-burr formation and minimization through process control. *Precision Engineering*, 2005, vol. 29, iss. 2, pp. 246-252. DOI: 10.1016/j.precisioneng.2004.09.002.

8. Shaw M.C. Metal cutting principles. 2nd ed. Oxford, Oxford University Press, 2005.672 p. ISBN 9780195142068. 9. Grzesik W., Zalisz Z. Wear phenomenon in the hard steel machining using ceramic tools. Tribology International, 2008, vol. 41, iss. 8, pp. 802–812. DOI: 10.1016/j.triboint.2008.02.003.

10. Dhar N.R., Paul S., Chattopadhyay A.B. The influence of cryogenic cooling on tool wear, dimensional accuracy and surface finish in turning AISI 1040 and E4340C steels. Wear, 2001, vol. 249, iss. 10–11, pp. 932–942. DOI: 10.1016/S0043-1648(01)00825-0.

11. Venugopal K.A., Paul S., Chattopadhyay A.B. Growth of tool wear in turning of Ti-6Al-4V alloy under cryogenic cooling. Wear, 2007, vol. 262, iss. 9–10, pp. 1071–1078. DOI: 10.1016/j.wear.2006.11.010.

12. Özel T., Karpat Y., Figueira L., Davim J.P. Modelling of surface finish and tool flank wear in turning of AISI D2 steel with ceramic wiper inserts. Journal of Materials Processing Technology, 2007, vol. 189, iss. 1–3, pp. 192– 198. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2007.01.021.

13. Luo X., Cheng K., Holt R., Liu X. Modeling flank wear of carbide tool insert in metal cutting. Wear, 2005, vol. 259, iss. 7-12, pp. 1235-1240. DOI: 10.1016/j.wear.2005.02.044.

14. Simsive J.V., Kutyshkin A.V., Simsive D.C. Otsenka iznosa tverdosplavnogo rezhushchego instrumenta pri mekhanicheskoi obrabotke [Estimation of the tool crater wear of the cutting tool with carbide cutting inserts in turning]. Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) = Metal Working and Material Science, 2012, no. 1, pp. 50-55.

15. Maekawa K., Obikawa T., Yamane Y., Childs T.H. Metal Machining: Theory and Applications. 1st ed. Oxford, Butterworth-Heinemann Publ., 2000. 408 p. ISBN 978-0340691595. ISBN 034069159X.

16. Fontalvo G.A., Humer R., Mitterer C., Sammt K., Schemmel I. Microstructural aspects determining the adhesive wear of tool steels. Wear, 2006, vol. 260, iss. 9-10, pp. 1028-1034. DOI: 10.1016/j.wear.2005.07.001.

17. Khrais S.K., Lin Y.J. Wear mechanisms and tool performance of TiAlN PVD coated inserts during machining of AISI 4140 steel. Wear, 2007, vol. 262, iss. 1–2, pp. 64–69. DOI: 10.1016/j.wear.2006.03.052.

18. Emel'yanov S.G., Yatsun E.I., Shvets S.V., Remnev A.I., Pavlov E.V. Influence of buildup in lathe processes on tool life and surface quality. Russian Engineering Research, 2011, vol. 31, iss. 12, pp. 1276–1278. DOI: 10.3103/ S1068798X11120100.

19. Machine tool design handbook. Central Machine Tool Institute (CMTI). New Delhi, McGraw-Hill Education Publ., 1983, pp. 421–588.

20. Sheikh-Ahmad J.Y., Bailey J.A. High-temperature wear of cemented tungsten carbide tools while machining particleboard and fiberboard. Journal of Wood Science, 1999, vol. 45, iss. 6, pp. 445–455. DOI: 10.1007/BF00538952.

21. Benardos P.G., Vosniakos G.C. Predicting surface roughness in machining: a review. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 2003, vol. 43, iss. 8, pp. 833–844. DOI: 10.1016/S0890-6955(03)00059-2.

22. Khara J., Sheladiya M.V., Acharya G.D. Machining parameters optimization of AISI 4340. IUP Journal of Mechanical Engineering, 2019, vol. 12, iss. 2, pp. 43-64.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2020 The Authors. Published by Novosibirsk State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0).