

2. Plotnikova G. P. Improvement of the chipboards production technology on the basis of modified binder using sub-standard wood: dis. ... kand. tekhn. nauk. Bratsk, 2011. 149 s.
3. Plotnikov N.P. Improvement of physical and mechanical properties of plywood on the basis of amino-formaldehyde resins modified by naphthols: dis. ... kand. tekhn. nauk. Bratsk, 2011. 155 s.
4. Plotnikov N.P., Plotnikova G. P., Simikova A.A. Research into the structure of the modified amino-formaldehyde resins by a nuclear magnetic resonance spectroscopy method // Vestn. KRASGAU. 2012 . №. 7. S. 171-174.
5. Plotnikova G. P., Plotnikov N. P. Amino-formaldehyde binder with improved characteristics to produce chipboards // SWORLD: sb. nauch. tr. po materialam nauch.-pract. konf. T. 45. 2013. №. 1. S. 64-66.
6. Plotnikova G. P., Plotnikov N. P. Chipboards on the modified binder // SWORLD: sb. nauch. tr. po materialam nauch.-pract. konf. T. 45. 2013. №. 1. S. 66-69.
7. Plotnikova G. P., Denisov S. V. Optimization of the technological parameters in production of chipboards on the basis of low-molar resins using sub-standard wood chips // Vestn. KRASGAU. 2010 . №. 8. S. 10-14.
8. Azarov V.I., Tsvetkov V.E. The technical process of binders and polymer materials. M: Lesnaya promyshlennost', 1985. 216 s.
9. Kondrat'yev V.P., Kondrashchenko V.I. Synthetic adhesives for wood-base materials. M: Nauchny mir, 2004. 520 s.
10. Doronin Yu.G., Miroshnichenko S.N., Svitkina M.M. Synthetic resins in woodworking. M: Lesnaya promyshlennost', 1987. 224 s.
11. Plotnikova G. P., Plotnikov N.P., Denisov S. V. Research into the possibility of using sub-standard raw materials to produce chipboards // Vestn. KRASGAU. 2012. № 8. S. 191-195.
12. Plotnikova G. P., Plotnikov N.P., Denisov S. V., Chelysheva I.N. Research into chipboards manufacturing conditions involving off-grade raw materials // Vestn. KRASGAU. 2012 . № 11. S. 192-197.
13. Plotnikova G. P., Plotnikova G. P. Employing of decaying blanks waste to produce wood particleboards // SWORLD: sb. nauch. tr. po materialam nauch.-pract. konf. Perspektivnye innovatsii v nauke, obrazovanii, proizvodstve i transporte 2010: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. Internet-konf. T. 23. 2010. S. 67-68.
14. Plotnikova G. P., Denisov S. V. Complex use of chipboard production waste // Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i inzhenernye nauki. T. 2. 2010. S. 294-298.
15. Plotnikova G. P., Denisov S. V., Chelysheva I.N. Increase in the chipboards production efficiency // Vestn. KRASGAU. 2010. № 7. S. 152-158.
16. Plotnikov N.P. Analysis of physical and chemical properties of α - and β -naphthols and phenols // Molodoy ucheny. № 4. 2009. S. 40-45.

УДК 621.91

Влияние смазочно-охлаждающей жидкости на стойкость металлорежущего инструмента при токарной обработке*

А.Г. Кисель^{1,а}, Д.С. Реченко^{2,б}, А.Ю. Попов^{2,с}, А.А. Ражковский^{1,д}

¹Омский государственный университет путей сообщения, пр. Маркса 35, Омск, Россия

²Омский государственный технический университет, пр. Мира 11, Омск, Россия

^аkisel1988@mail.ru, ^бrechenko-denis@mail.ru, ^сpopov_a_u@list.ru

Статья поступила 14.09.2013, принята 19.11.2013

В процессах металлообработки практически во всех операциях применяют смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). Подача СОЖ в зону резания позволяет увеличить срок службы инструмента и повысить качество и точность обработки за счет смазочного и охлаждающего действия СОЖ. Применение СОЖ не всегда положительно влияет на процесс обработки. Выбор наиболее эффективной для данных условий СОЖ обеспечит наилучшие стойкость инструмента и качество обработки. Целью настоящей работы является экспериментальное определение влияния на износ и стойкость инструмента при токарной обработке стали 45 с подачей в зону резания 1,5 % в. р. к. с. (водного раствора кальцинированной соды) и разработка рекомендаций по применению данной СОЖ. Несмотря на то, что на сегодняшний день проведено достаточно большое количество исследований функциональных действий СОЖ, не существует единой методики, позволяющей назначить наиболее эффективную марку для конкретных условий обработки. В настоящее время на металлообрабатывающих предприятиях не умеют подбирать СОЖ, выбор основывается лишь на цене и длительном опыте эксплуатации нескольких марок. Исследования проводились при обработке стали 45 на токарном станке ФТ-11 твердосплавным инструментом при следующих режимах: $V = 35$ м/мин; $S = 0,10$ и $0,26$ мм/об; $t = 0,5$ мм; геометрические параметры режущего инструмента: $\varphi = 93^\circ$; $\alpha = 10^\circ$; $\gamma = 7^\circ$; $r = 0,8$ мм. При испытаниях определялся износ задней поверхности режущей пластины при обработке без СОЖ и с подачей СОЖ в зону резания. По результатам исследований строились графики зависимости износа инструмента от времени его работы. Высокое охлаждающее действие СОЖ 1,5 % в. р. к. с. приводит к перепадам температур в зоне резания, что вызывает появление термотрещин в режущей пластине, выкрашивания и проточкины. Такие СОЖ целесообразно применять при обработке с высокими скоростями, когда попадание СОЖ в зону резания затруднено, и возникают высокие температуры в зоне резания. При низких скоростях подача 1,5 % в. р. к. с. в зону резания снижает стойкость инструмента.

Ключевые слова: смазочно-охлаждающая жидкость, стойкость инструмента, режущая пластина, технологический износ, оптимальный износ, приработка инструмента, равномерный износ, проточина.

* Договор № 02.G25.31.0099 от 01.07.2013 г. с Минобрнауки России об условиях предоставления и использования субсидии на реализацию комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, выполняемого с участием ОмГТУ

Effect of lubricant cooling liquid on durability of metal-cutting tool when turning

A.G. Kisel'^{1, a}, D.S. Rechenko^{2, b}, A.Yu. Popov^{2, c}, A.A. Razhkovsky^{1, d}

¹Omsk State Technical University, 11 Mira av., Omsk, Russia

²Omsk State Transport University, 35 Marx av., Omsk, Russia

^akisel1988@mail.ru, ^brechenko-denis@mail.ru, ^cpopov_a_u@list.ru

Received 14.09.2013, accepted 19.11.2013

In metal working processes, the lubricant cooling liquids (LCL) are used practically in every operation. The LCL supply to the cutting area allows increasing tool durability and the quality and processing accuracy due to the LCL lubricant and cooling action. The LCL application does not always contribute to better the processing operation. The choice of the most effective LCL for these specific conditions will provide the tool durability and finish. The aim of this paper is to experimentally determine the effect on the tool wear and durability when turning steel 45 with supply of 1,5% soda ash aqueous solution to the cutting area and the guidelines development on the given LCL application. Despite the fact that a large number of researches into the LCL functional action have been carried out recently, there is no universal technique that allows selecting the most effective brand for the specific processing conditions. Currently, the metalworking enterprises aren't able to select proper LCL for processing, the choice being based on the price and long-term operating experience of several brands. The researches were conducted when processing steel 45 on the FT-11 lathe with carbide tooling under the following modes: $V=35$ m/min; $S=0,10$ and $0,26$ mm/rev; $t=0,5$ mm; the cutting tool geometrical parameters: $\varphi = 93^\circ$; $\alpha = 10^\circ$; $\gamma = 7^\circ$; $r=0,8$ mm. During the tests, the wear of a cutter plate back surface was determined when processing with and without the LCL supply to the cutting area. According to the investigation results, the operational time-wear dependence diagrams of the tool were constructed. High cooling action of LCL of 1,5% soda ash aqueous solution results in the temperature difference across the cutting area that causes thermocracks in a cutter plate, microchipping and stripes. It is reasonable to apply such LCL under high speed processing when the LCL supply to the cutting area is hampered, and high temperatures arise in the cutting area. At low speed, the supply of 1,5% soda ash aqueous solution to the cutting area reduces tool durability.

Keywords: lubricant cooling liquid, tool durability, cutter plate, technological wear, optimum wear, tool aging, uniform wear, stripe.

Постановка проблемы. Режущий инструмент в процессе резания изнашивается и теряет свою работоспособность, которая обеспечивает требования по производительности, точности и качеству обработки, по износу режущего инструмента и т. д. Современный корпусной металлорежущий инструмент имеет корпус (державку), крепежные элементы и многогранную режущую пластину, которая в большинстве случаев не перезатачивается. После затупления режущей пластины меняется ее режущая кромка. Время работы режущего инструмента между двумя заменами режущей кромки пластины называется периодом стойкости T , который измеряется в минутах. Полный период стойкости режущей пластины определяется суммарной стойкостью всех граней [1].

С целью продления срока службы инструмента в металлообработке применяют СОЖ. В настоящее время имеется большой ассортимент СОЖ различных марок и составов, поэтому подбор конкретной СОЖ становится достаточно трудной задачей [1, 2]. Подбор наиболее эффективной марки для определенных режимов обработки и материалов позволяет максимально продлить срок службы инструмента, что увеличит производительность обработки.

Анализ последних исследований и публикаций. В зависимости от условий резания металлорежущий инструмент может подвергаться различным видам износа, которые могут протекать одновременно или с преобладанием одного над другими. Различают четыре основных вида износа: абразивный, адгезионный, диффузионный и окислительный [1, 2, 3].

В процессе резания может происходить технологический износ различных видов.

Преобладание того или иного вида и размера износа металлорежущего инструмента зависит от многих факторов: режим резания, марка обрабатываемого и обрабатываемого материала, наличие и состав смазочно-охлаждающей жидкости и т. д. Наиболее предпочтительным является равномерный износ инструмента, так как в этом случае будет обеспечена максимальная стойкость. В любом случае необходимо задаваться критериями, по которым характеризуется износ.

При выборе критерия износа режущей пластины используют два основных параметра: критерий оптимального или технологического износа. В обоих критериях за основу принимают износ по задней поверхности, так как задняя поверхность инструмента изнашивается при любых условиях резания, и измерение износа h_z значительно проще, чем глубины лунки износа по передней поверхности.

Критерий оптимального износа. Данный критерий используется при черновых операциях, когда величина износа по задней поверхности достигает максимального (оптимального) значения.

Критерий технологического износа. Данный критерий используется при чистовых (окончательных) операциях. Режущий инструмент считается затупленным, когда обработанная поверхность заготовки перестает отвечать технологическим требованиям, заданным на ее изготовление. К ним относятся требования по шероховатости и точности. Для определения величины износа по задней поверхности, соответствующего

критерию технологического износа, строится зависимость параметра шероховатости обработанной поверхности Ra от времени работы инструмента. Величина износа по задней поверхности, соответствующая времени работы инструмента до заданного параметра шероховатости или конкретному значению величины износа, и будет соответствовать критерию технологического износа.

Все факторы, действующие в сторону увеличения температуры и сил резания, увеличивают износ инструмента и снижают период стойкости режущего инструмента $T = f(V, S, t, Ra, T, \alpha, \varphi, \gamma \text{ и т. д.})$.

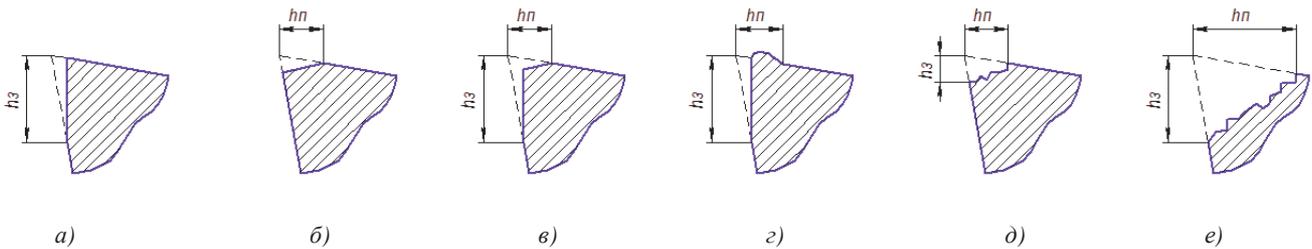


Рис. 1. Виды технологического износа

При высоких температурах (900-1200 °С для твердосплавного режущего инструмента) в поверхностных слоях режущего инструмента может происходить пластическое деформирование лезвия инструмента (рис. 1 з).

Выкрашивание представляет собой отделение мелких частиц материала режущей кромки, вызванное наличием на ней различного рода дефектов (микротрещин, микросколов и т. д.) (рис. 1 д).

Сколы представляют собой отделение значительных объемов материала режущей части металлорежущего инструмента, связанное со свойствами обрабатываемого и инструментального материала и толщиной срезаемого слоя (рис. 1 е) [2, 3].

Основными функциональными действиями СОЖ, применяемой при металлообработке, являются смазочное и охлаждающее действие.

Смазочное действие СОЖ заключается в уменьшении потерь на трение и снижении износа режущего инструмента.

Трение по наличию смазочного материала делится на граничное и жидкостное трение. Если обработка производится без подачи СОЖ, то такое трение называют сухим трением, или трением без смазки [4].

При отсутствии СОЖ между поверхностями инструмента и заготовки возникает сухое трение (рис. 2 а).

Когда поверхности трения разделены малым слоем смазочного материала толщиной менее 0,1 мкм, не превышающем высоты микронеровностей (шероховатости) поверхности, то возникает граничное трение. При этом величина силы трения зависит от природы и состояния трущихся поверхностей (рис. 2 б).

Цель (задачи) исследования. Целью настоящей работы является определение влияния СОЖ, в частности 1,5 % водного раствора кальцинированной соды (в. р. к. с.), на износ и стойкость твердосплавного токарного инструмента при различных режимах обработки стали 45, а также разработка рекомендаций по применению данной СОЖ.

Основной материал исследования. В зависимости от условий резания износ режущего инструмента может происходить: преимущественно по задней поверхности (рис. 1 а); преимущественно по передней поверхности (рис. 1 б); равномерно протекать как по передней, так и по задней поверхности (рис. 1 в) [1].

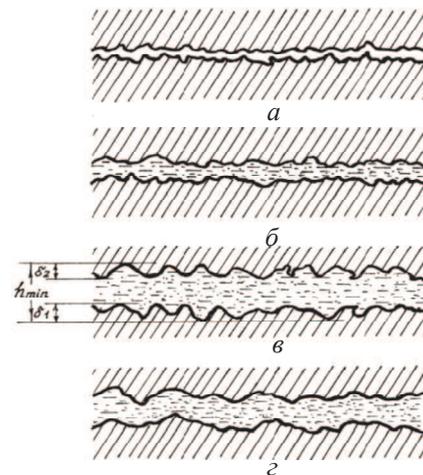


Рис. 2. Виды трения по наличию смазочного материала: а – трение без смазки; б – граничное трение; в – жидкостное трение; з – смешанное трение

Способность смазочных материалов, содержащих поверхностно-активные вещества, образовывать на смазываемых поверхностях достаточно прочные слои ориентированных молекул, называют маслянистостью, или смазывающей способностью СОЖ. В некоторые марки СОЖ для улучшения смазывающей способности вводят противозносные и противозадирные присадки [4].

Когда смазочный слой полностью отделяет рабочие поверхности, которые перемещаются одна относительно другой, и этот слой имеет толщину, при которой появляются нормальные объемные свойства СОЖ, то такое трение называется жидкостным (рис. 2 в).

Однако в реальных условиях эксплуатации могут возникнуть граничное (рис. 1 б) и полужидкостное трение.

В этих ситуациях СОЖ в зазоре между трущимися парами может оказаться недостаточно для обеспечения жидкостного трения, так как масляный слой может быть частично разрушен. Поэтому в отдельных местах соприкосновения трущихся поверхностей возникает граничное или сухое трение, которое приводит к износу инструмента.

Для максимального уменьшения трения и износа необходимо, чтобы СОЖ обладала высокой смазывающей способностью [4, 5].

Охлаждающее действие заключается в уменьшении температуры в зоне резания, что снижает изнашивание режущего инструмента и улучшает качество обрабатываемой поверхности. На охлаждающие свойства СОЖ оказывают существенное влияние теплоемкость, теплопроводность и способность СОЖ к смачиванию металлических поверхностей и парообразованию, так как при высоких скоростях резания и температурах жидкость может не входить в непосредственный контакт с поверхностью инструмента из-за низкой смачиваемости или образования паровой подушки [6, 7].

Тепловыделение от обрабатываемой детали с температурой t_t к жидкости определяют по формуле Ньютона:

$$q = \alpha (t_t - t_{ж}),$$

где q – удельный тепловой поток; α – коэффициент теплоотдачи; t_t – температура жидкости.

Чем больше коэффициент теплоотдачи, тем лучше СОЖ отводит тепло от режущего инструмента, стружки и детали. Теплоотвод при резании происходит вследствие конвекции, теплопроводности излучения и химических реакций, происходящих с поглощением тепла, т. е. процессов, сопровождающихся сложным тепло- и массообменом.

В работе проводились ресурсные испытания режущего инструмента с твердосплавными пластинами марки TNMM 160408 CT25M (ООО «МКТС»), предназначенными под область *P10-35* (универсальный сплав для обработки от чистовых до легких черновых операций), при точении стали 45 на токарном станке ФТ-11. Режимы резания: $V = 35$ м/мин; $S = 0,10$ и $0,26$ мм/об; $t = 0,5$ мм; геометрические параметры режущего инструмента: $\varphi = 93^\circ$; $\varphi_1 = 27^\circ$, $\alpha = 10^\circ$; $\gamma = 7^\circ$; $r = 0,8$ мм. Результаты испытаний приведены на рис. 3 – 7.

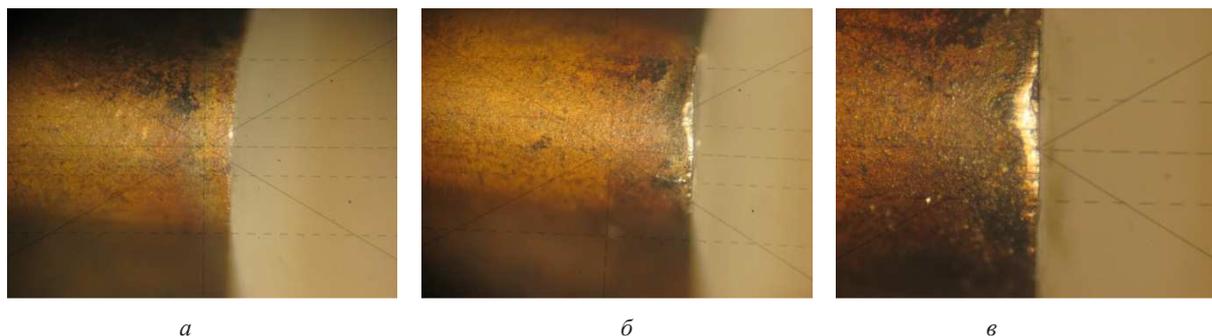


Рис. 3. Износ резца при обработке стали 45 без СОЖ, $V = 35$ м/мин, $S = 0,26$ мм/об, $t = 0,5$ мм: *a* – приработка инструмента, *б* – равномерный износ, *в* – износ $h_3 = 0,15$ мм

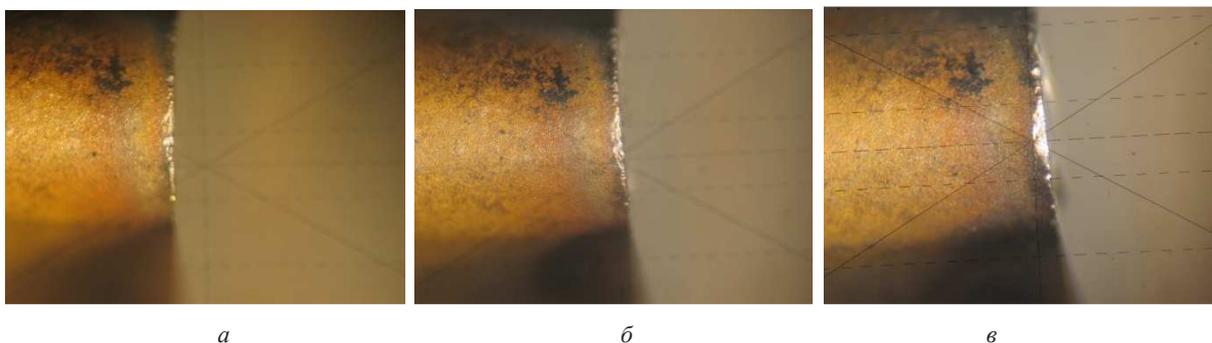


Рис. 4. Износ резца при обработке стали 45 без СОЖ, $V = 35$ м/мин, $S = 0,1$ мм/об, $t = 0,5$ мм: *a* – приработка инструмента, *б* – равномерный износ, *в* – износ $h_3 = 0,15$ мм

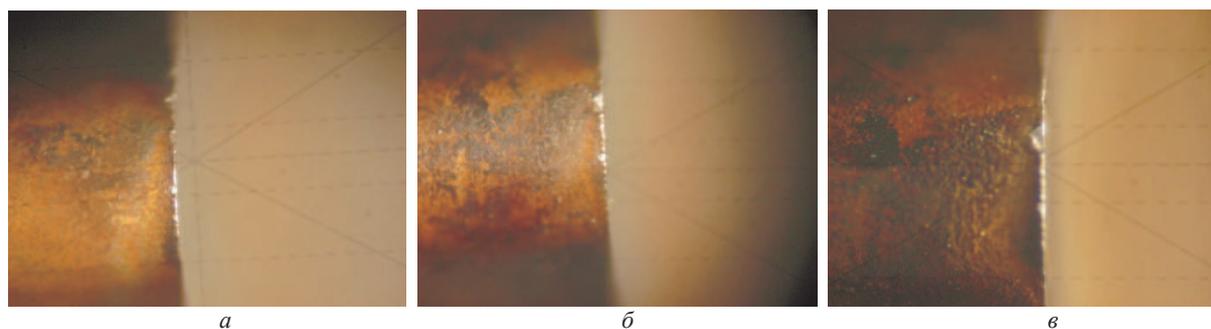


Рис. 5. Износ реза при обработке стали 45 с применением 1,5 % в. р. к. с., $V = 35$ м/мин, $S = 0,26$ мм/об, $t = 0,5$ мм: а – приработка инструмента, б – равномерный износ, в – износ $h_s = 0,15$ мм

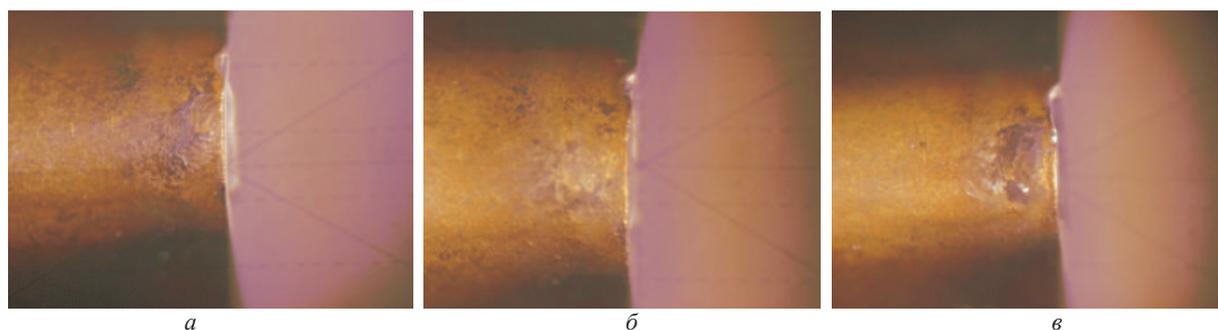


Рис. 6. Износ реза при обработке стали 45 с применением 1,5 % в. р. к. с., $V = 35$ м/мин, $S = 0,1$ мм/об, $t = 0,5$ мм: а – приработка инструмента, б – равномерный износ, в – износ $h_s = 0,15$ мм

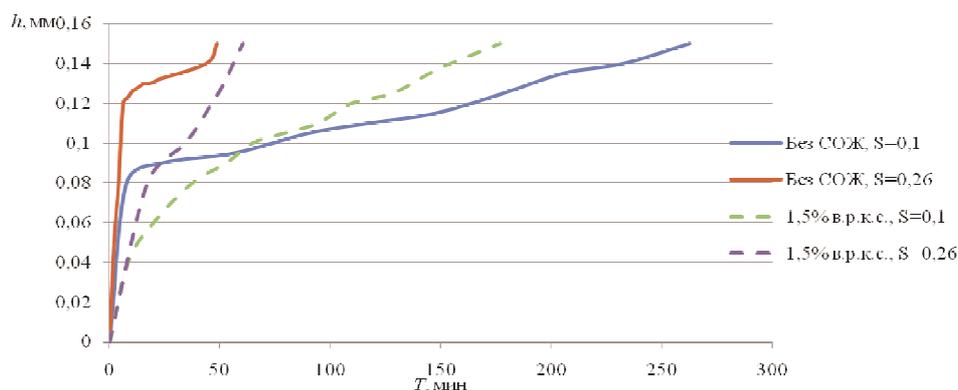


Рис. 7. Стойкость режущего инструмента: сплошная линия – без СОЖ; пунктирная линия – с СОЖ 1,5 % в. р. к. с.

Выводы

По проведенным исследованиям видно, что при обработке стали 45 с подачами $S = 0,1$ и $0,26$ мм/об без СОЖ приработка инструмента происходит в течение 6-12 мин., на задней поверхности инструмента образуется равномерный износ, применение СОЖ 1,5 % в. р. к. с. увеличивает время приработки до 20-30 мин (в 2,5-3 раза больше); износ при подаче $S = 0,1$ мм/об образуется в виде проточкины, а при подаче $S = 0,26$ мм/об образуются выкрашивания.

Литература

1. Виноградов Д.В. Высокопроизводительная обработка металлов резанием: моногр. М.: Полиграфия, 2003. 301 с.
2. Viktor P. Astakhov. Tribology of Metal Cutting. London.: Elsevier (U.K.), 2006. 417 p.
3. Graham T. Smith. Cutting Tool Technology. Industrial Handbook. Southampton.: Southampton Solent University (U.K.), 2008. 599 p.
4. Школьников В.М. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. 2-е изд. М.: «Техноформ», 1999. 596 с.

5. Худобин Л.В., Бабичев А.П., Бульжев Е.М. Смазочно-охлаждающие технологические средства и их применение при обработке резанием: справочник. М.: Машиностроение, 2006. 544 с.

6. Jerry P. Byers. Metalworking Fluids. Second Edition. Boca Raton, FL.: Taylor & Francis Group, 2006. 480 p.

References

1. Vinogradov D.V. High-performance processing of metals by cutting: monogr. M.: Poligrafya, 2003. 301 s.
2. Astakhov V. Tribology of Metal Cutting. London.: Elsevier (U.K.), 2006. 417 p.
3. Graham T. Smith. Cutting Tool Technology. Industrial Handbook. Southampton.: Southampton Solent University (U.K.), 2008. 599 p.
4. Shkol'nikov V.M. Fuels, lubricants, technical liquids. M.: «Tekhniform», 1999. 596 s.
5. Khudobin L.V., Babichev A.P., Bulyzhev E.M. Lubricant cooling technological means and their application when processing by cutting: Spravochnik. M.: Mashinostroeniye, 2006. 544 s.
6. Jerry P. Byers, Metalworking Fluids. Second Edition. Boca Raton, FL.: Taylor & Francis Group, 2006. 480 p.