

ТЕХНОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ТЕРМОПЛАСТИЧЕСКОГО ФОРМИРОВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ

© 2011 Д.А. Деморецкий, М.В. Ненашев, И.Д. Ибатуллин, И.В. Нечаев, С.Г. Ганигин, А.Ю. Мурзин, В.В. Усачев, М.А. Бакулин

Самарский государственный технический университет

Поступила в редакцию 21.03.2011

В статье приводится описание усовершенствованной технологии пластического сверления и нового инструмента для её реализации. Новый инструмент позволяет повысить производительность обработки деталей за счет уменьшения отвода тепла из зоны обработки через инструмент в шпиндель станка. Приведены критерии выбора режимов обработки.

Ключевые слова: *термопластическое формирование, отверстие, технология, инструмент*

Новый инструмент для пластического сверления. Традиционным материалом для изготовления инструмента (пуансонов) для пластического сверления являются спеченные твердые сплавы, что обуславливает их дороговизну. Кроме того, к недостаткам твердосплавного инструмента также относится высокая хрупкость, что делает его «уязвимым» для ударов и вибраций, а также высокая теплопроводность, способствующая отводу тепла, генерируемого при трении инструмента с деталью, из рабочей зоны в шпиндель инструмента. Одним из путей совершенствования инструмента для пластического сверления является применение более дешевых конструкционных материалов с нанесением на рабочие поверхности функциональных покрытий. В лаборатории наноструктурированных покрытий разработана новая конструкция пуансонов (рис. 1, 2). Для этого вначале изготавливается заготовка

из быстрорежущей стали (марки P18, P9, P6M5 и др.). Эти стали отличаются высокой красностойкостью, низкой теплопроводностью и достаточно высоким по сравнению с твердыми сплавами запасом пластичности. Далее на рабочую часть заготовки последовательно наносится детонационным способом теплоизолирующее керамическое покрытие (Al_2O_3), а затем износостойкое твердосплавное покрытие (ВК-12). После чего калибрующая часть инструмента шлифуется под требуемый размер. Использование данного инструмента позволяет существенно снизить паразитный теплоотвод из зоны обработки через инструмент в шпиндель станка. Это позволяет вести обработку с более высокой производительностью. Исследования, проведенные в программном пакете ANSYS, подтвердили обоснованность вышесказанного (рис. 2).

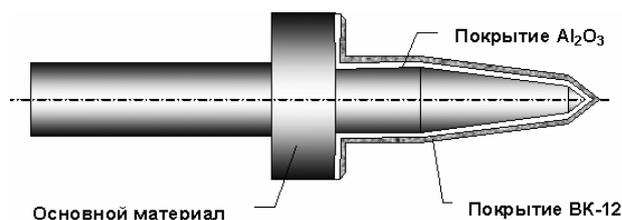


Рис. 1. Новый инструмент для пластического сверления

Исследовано влияние геометрии инструмента на технологические режимы пластического сверления (рис. 3). Установлено, что с увеличением угла расширяющей части пуансона и ростом радиуса закругления вершины наблюдается увеличение длительности обработки, повышение температуры детали в процессе сверления и уменьшение момента трения.

Деморецкий Дмитрий Анатольевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология твердых химических веществ». E-mail: demoda@mail.ru

Ненашев Максим Владимирович, доктор технических наук, проректор по научной работе. E-mail: max71@mail.ru

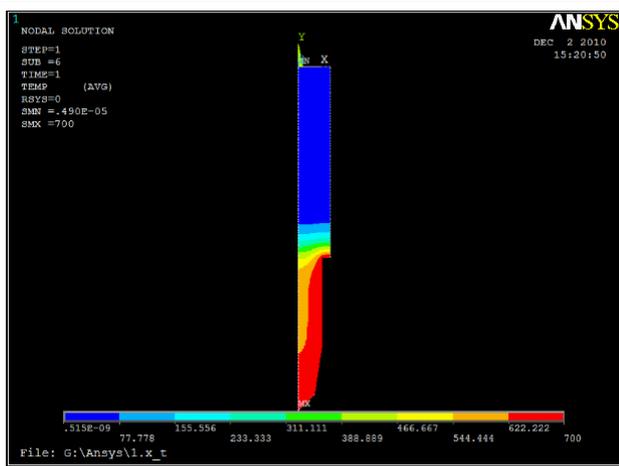
Ибатуллин Ильдар Дугласович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения». E-mail: tribo@rambler.ru

Нечаев Илья Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология твердых химических веществ». E-mail: tixb@inbox.ru

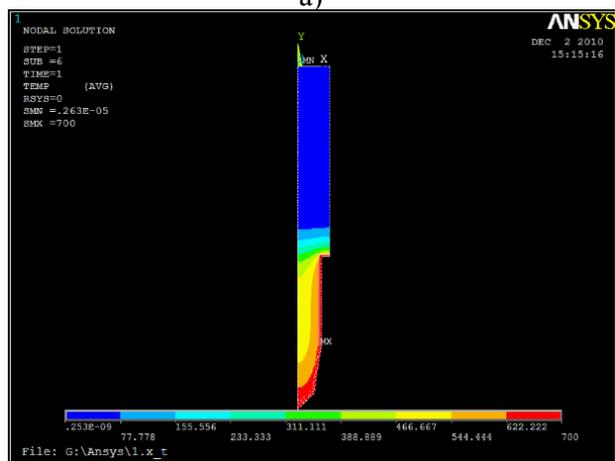
Ганигин Сергей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология твердых химических веществ». E-mail: grail@rambler.ru

Мурзин Андрей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология твердых химических веществ»

Усачев Василий Владимирович, аспирант
Бакулин Максим Александрович, аспирант

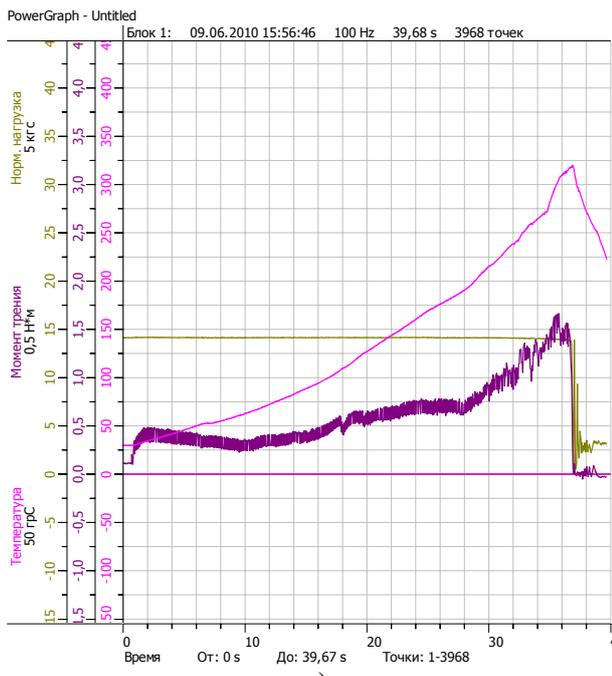


а)



б)

Рис. 2. Распределение теплового поля при нагреве рабочей части инструмента в течение 1 с. Основа – быстрорежущая сталь P18: а) без покрытий; б) с керамическим подслоем Al_2O_3 и твердосплавным покрытием ВК-12



а)

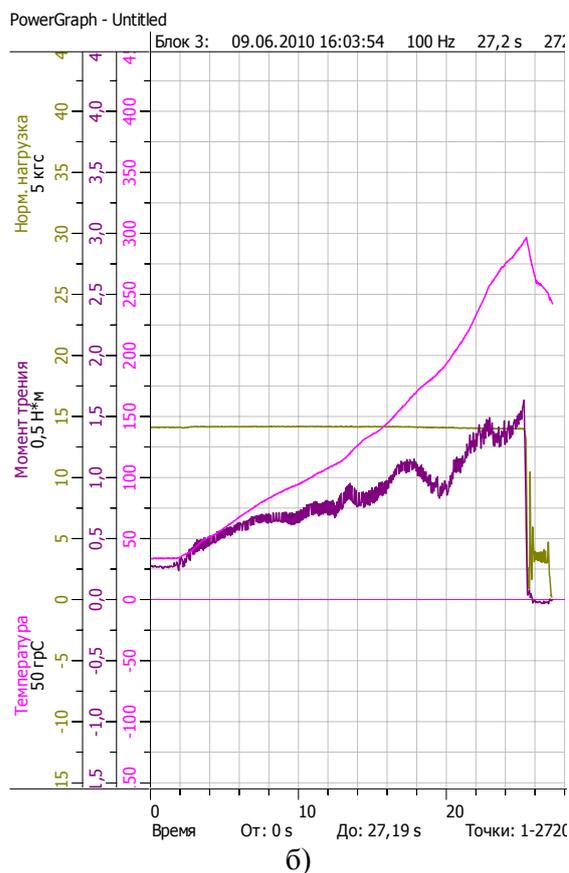


Рис. 3. Режимы пластического сверления при угле 50° , нагрузке 30 кгс и радиусе закругления вершины 0,3 мм (а) и 0,03 мм (б)

Совершенствование технологии пластического сверления. Одним из наиболее существенных недостатков технологического процесса пластического сверления является возникновение больших осевых усилий в начальный момент внедрения пуансона, что может привести к деформации и разрушению тонкостенных изделий. Снижение осевых нагрузок приводит к существенному повышению длительности обработки, что также нецелесообразно.

В новой технологии термопластического сверления дополнительно к разогреву поверхности материала за счет трения используют внешний источник теплоты, локально разогревающий материал в области формирования отверстия. При этом появляется возможность использования менее мощного и дорогостоящего оборудования для формирования отверстий; значительно снижаются осевые нагрузки при выдавливании предварительно размягченного материала, что важно для обработки тонкостенных деталей; появляется возможность обработки более толстостенных деталей; повышается долговечность инструмента за счет уменьшения силового воздействия; повышается качество получаемых отверстий. Указанные положительные эффекты в разработанном способе

обусловлены рациональным разделением функций разогрева (от внешнего источника тепла) и формообразования (деформирующим инструментом). Данный способ формирования отверстий, получивший название термопластического сверления, осуществляется по следующим этапам. Обрабатываемую деталь фиксируют на станине сверлильного станка. Поверхность детали в области формирования отверстия нагревают внешним источником тепла, например, струей газовой горелки, до равномерного прогрева по толщине детали до определенной температуры. Затем, не прекращая действие внешнего источника тепла, формируют отверстие за счет выдавливания материала вращающимся инструментом.

Проведенные эксперименты (рис. 4) подтвердили справедливость теоретических положений. Установлено, что использование подогрева обрабатываемого материала длительность сверления сокращается почти на порядок, а момент трения в среднем уменьшается на 50%.

Критерии термопластического сверления. Разработаны следующие критерии выбора рациональных технологических режимов пластического сверления на станках с ЧПУ.

1. На всем протяжении пластического сверления осевая нагрузка F_n не должна превышать предварительно определенной критической для данной детали величины F_n^* , характеризующей ее механическую прочность. Оценка F_n^* должна быть проведена с учетом геометрии и свойств обрабатываемых деталей аналитическим или численным методом, включая МКЭ.

2. Длительность операции сверления t_c не должна превышать некоторого максимального значения t_c^* , обусловленного требуемой производительностью технологического процесса.

3. Температура локального разогрева T обрабатываемого материала в области пластического сверления не должна превышать критической температуры T^* , выше которой в обрабатываемом материале могут начаться нежелательные фазовые превращения. Также можно выделить область низких температур, не превышающих порогового значения T_{min} , при которой необходимой степени термического размягчения материала не происходит и обработка материала методом пластического сверления становится невозможной. Это может быть следствием либо недостаточной мощности трения, либо интенсивным отводом тепла из зоны обработки (поэтому материалы с высокой удельной теплопроводностью обрабатывать методом пластического сверления труднее). Данные условия более наглядно можно представить в графическом виде (см. рис. 5).

Из рис. 5 видно, что оптимальная величина осевой нагрузки в заданных условиях соответствует минимальной длительности обработки детали. Если одновременное выполнение всех условий невозможно (например, если осевые нагрузки, обеспечивающие T_{min} превышают F_n^*), в этом случае следует говорить о нерациональности применения метода пластического сверления в данной технологической операции. Таким образом, система условий позволяет не только выбирать оптимальные режимы обработки, но и определяет границы применимости данного метода.

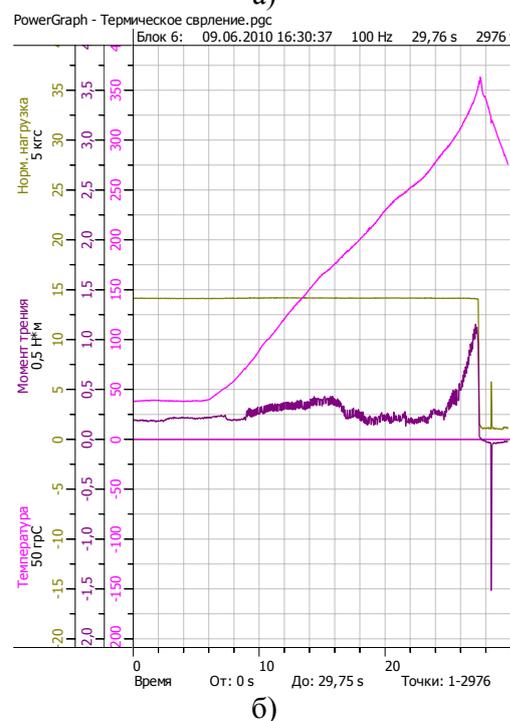
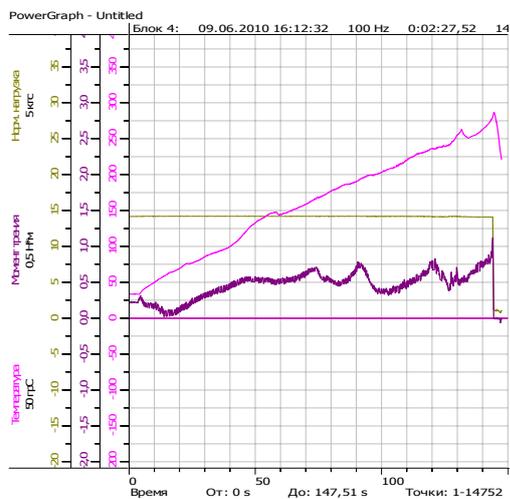


Рис. 4. Режимы пластического сверления при угле 120° , нагрузке 30 кгс и радиусе закругления вершины 0,3 мм без подогрева (а), с подогревом (б)

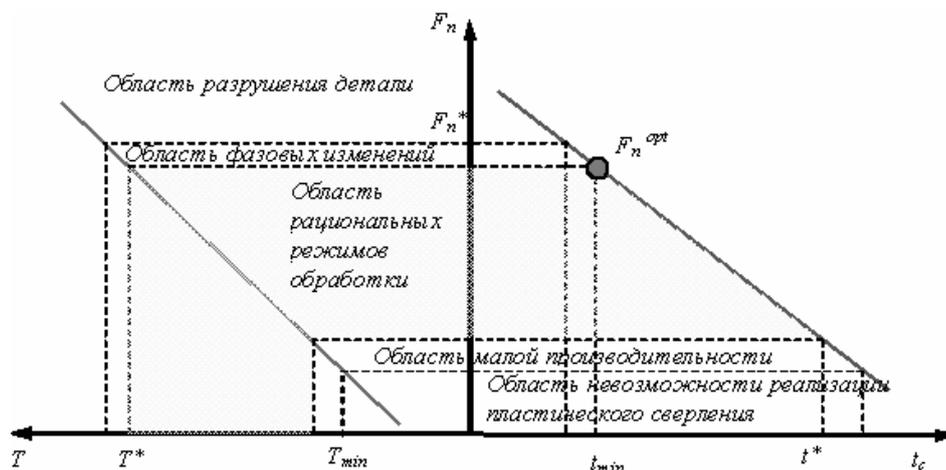


Рис. 5. Критерии выбора рациональных режимов обработки

Выводы:

1. Разработан экономичный инструмент для пластического сверления отверстий в легкоплавких материалах с температурой плавления до 1200°C, изготовленный из быстрорежущей стали с твердосплавным покрытием. С целью уменьшения теплоотвода «в инструмент» между сталью и твердым сплавом дополнительно наносится термоизолирующий слой оксида алюминия.
2. Разработаны технологические основы термопластического сверления, с использованием локального подогрева обрабатываемой детали от внешних источников тепла, позволяющая

существенно повысить производительность обработки, снизив требования к силовым и скоростным характеристикам технологического оборудования, а также значительно снижая ограничения по толщине обрабатываемых деталей.

3. Разработаны критерии и методика выбора рациональных технологических режимов пластического сверления на станках с ЧПУ, позволяющие оптимизировать процесс по критериям производительности и допустимым силовым и температурным факторам.

TECHNOLOGY AND TOOL FOR THERMOPLASTIC FORMATION OF APERTURES

© 2011 D.A. Demoretsky, M.V. Nenashev, I.D. Ibatullin, I.V. Nechaev, S.G. Ganigin, A.Yu. Murzin, V.V. Usachyov, M.A. Bakulin
Samara State Technical University

In article the description of advanced technology of plastic drilling and the new tool for its realization is resulted. The new tool allows to raise productivity of details processing at the expense of heat removal reduction from a processing zone through the tool in spindle of machine tool. Criteria of choice the modes of processing are resulted.

Key words: *thermoplastic formation, aperture, technology, tool*

Dmitriy Demoretskiy, Doctor of Technical Sciences, Professor at the "Technology of Solid Chemical Substances" Department. E-mail: demoda@mail.ru

Maxim Nenashev, Doctor of Technical Sciences, Deputy Rector on Scientific Work. E-mail: max71@mail.ru

Ildar Ibatullin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the "Technology of Machine Building" Department. E-mail: tribo@rambler.ru

Iliya Nechaev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the "Technology of Solid Chemical Substances" Department. E-mail: ttxb@inbox.ru

Sergey Ganigin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the "Technology of Solid Chemical Substances" Department. E-mail: grail@rambler.ru

Andrey Murzin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the "Technology of Solid Chemical Substances" Department

Vasiliy Usachev, Post-graduate Student

Maxim Bakulin, Post-graduate Student