

умов нестановленого режиму теплообміну. Розроблені алгоритми можуть входити до більш складних прогножуючих систем, що мають на меті підвищення ефективності операцій механічної обробки в цілому та контурного фрезерування зокрема.

SUMMARY

Prediction models of machining process can not be developed without analysis of thermal phenomena in the cutting zone. Temperature is the main limitation in the selection of process parameters, such as cutting speed and feedrate. Approach to analytical cutting temperature for end milling process has been presented in this paper. The proposed model combines the steady-state temperature prediction in continuous machining with transient temperature evaluation in interrupted cutting operations where the chip and the process change in a discontinuous manner.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Резников А.Н. Теплофизика резания. - М.: Машиностроение, 1969.
2. Силин С.С. Метод подобия при резании металлов. - М.: Машиностроение, 1979. -152 с.
3. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов. -М.: Машиностроение, 1981.
4. Лоладзе Г.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. - М.: Машиностроение, 1982. - 320 с.
5. Кушнер В.С. Термомеханическая теория процесса непрерывного резания пластических материалов. -Иркутск: Изд-во Иркутского ун-та, 1982. -180 с.
6. Stephenson D.A., Ali A. Tool temperatures in interrupted metal cutting, Transactions of ASME.- Journal of Engineering for Industry, 1992.- Vol. 114.- P. 127-136.
7. Мазур М.П. Розробка теоретичних основ та практичне використання термомеханічної моделі обробки пластичних матеріалів: Автореф. дис... док. техн. наук. - Київ, 1999.
8. Radulescu R., Karoo S.G. An analytical model for prediction of tool temperature Fields during continuous and interrupted cutting, and crater wear of carbide tool, Transactions of ASME.- Journal of Engineering for Industry, 1994.- Vol. 116.-P. 135-140.
9. Lazoglu I., Altintas Y. Prediction of tool and chip temperature in continuous and interrupted machining.- International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2002.- Vol.42.-P. 1011-1022.
10. Залого В.А., Крижоручко Д.В. Методика расчета температуры резания при тангенциальном тчении // Прогресивна техніка і технологія машинобудування, приладобудування і зварювального виробництва: Праці Міжнародної науково-технічної конференції 25-28 травня 1998 р. -К.: НТУУ "КПІ", 1998. -Т.1. - С. 333-339.

Надійшла до редколегії 16 грудня 2002р.

УДК 621.762:691:921

КИНЕТИКА ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

В.С. Майборода, д.т.н.; Н.В. Ульяненко, асп.

(Национальный технический университет Украины "КПИ")

Повышение эксплуатационных характеристик непереключаемого твердосплавного инструмента во многом определяется состоянием микрогеометрии их рабочих поверхностей [1]. Использование магнитно-абразивного метода для финишной обработки является довольно перспективным [2,3], а сам метод может успешно конкурировать с виброабразивной обработкой, галтовкой, струйно-абразивной обработкой. При этом обеспечивается не только высокая производительность, а и осуществляется значительное повышение качества обработки, которое связано как с формированием определенного, необходимого напряженного состояния поверхностного слоя, так и с возможностью формирования необходимой микрогеометрии поверхности рабочих

элементов твердосплавного инструмента. Имеющаяся информация о процессах магнитно-абразивной обработки (МАО) твердосплавного инструмента, в особенности о формировании микропрофиля поверхности, явно не достаточна [4] и не позволяет установить основные тенденции процесса и кинетику формирования микропрофиля в зависимости от режимов и условий МАО.

Поэтому целью данной работы было исследование влияния режимов МАО твердосплавного инструмента на процесс формирования микропрофиля его рабочих поверхностей.

Экспериментальные исследования проводились на цилиндрических сменных твердосплавных элементах $\varnothing 12$ мм и высотой 20 мм, изготовленных из сплава Т14К8, которые используются в наборных фрезах большого диаметра. Предварительно твердосплавные элементы подвергались алмазному шлифованию, в результате которого обеспечивалась шероховатость поверхности с $Ra=0,76-0,8$ мкм. Профилограмма шлифованной поверхности представлена на рис. 1.



Рисунок 1 - Профилограмма поверхности сплава Т14К8 после алмазного шлифования (ГУ 500, ВУ 20000)

МАО выполняли на специальной установке типа кольцевой [5], которая обеспечивает вращение деталей вокруг оси кольцевой ванны с регулируемой частотой вращения от 100 до 400 об/мин и одновременное вращение вокруг вертикальной оси цилиндрических элементов с частотой, в 10 раз превышающей частоту вращения вокруг оси кольцевой ванны в направлении, противоположном вращению вокруг оси кольцевой ванны. Установка обеспечивает возможность реверсивного вращения. Обработку выполняли порошком Полимам-Т с размером частиц 200/160 мкм с добавлением в состав порошка 1-2% АСМ фракции 3/2. Величина магнитной индукции в рабочих зазорах изменялась от 0,2 до 0,32 Тл.

Было исследовано влияние времени МАО, скорости вращения и магнитной индукции в рабочих зазорах на шероховатость обработанной поверхности и характер изменения величины опорной длины микропрофиля на различной его высоте. Внешний вид профилограмм поверхностей после магнитно-абразивной обработки приведен на рис. 2.

В результате экспериментальных исследований были получены топограммы поверхностей изменения величины Ra в зависимости от частоты вращения и времени обработки при различных значениях магнитной индукции в рабочих зазорах (рис. 3). Показано, что минимум шероховатости $Ra=0,32$ мкм с возрастанием величины магнитной индукции B в рабочих зазорах и с увеличением времени МАО t смещается в область повышенных значений, причем наблюдается сужение зоны с минимумом Ra .

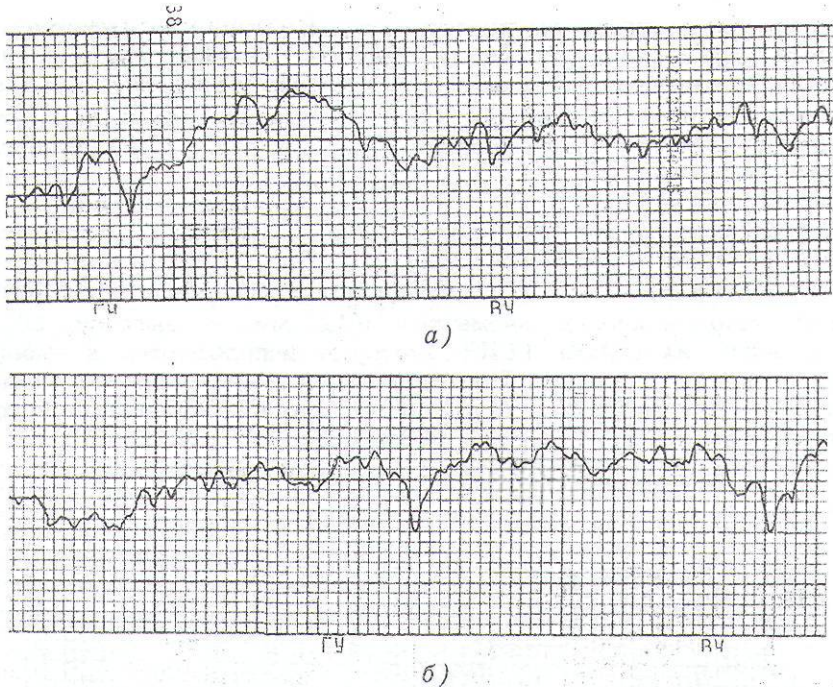


Рисунок 2 - Профилограмма поверхности твердосплавного режущего элемента после
 MAO (ГУ500, ВУ 20000): а) время MAO 180 с; б) время MAO 360 с

Такое поведение может быть объяснено особенностями формирования магнитно-абразивного инструмента и его поведением в рабочих зазорах в процессе обработки, которые проявляются в действии пондеромоторных сил [6], приводящих к процессам снижения вязкости МАИ, увеличением его подвижности, повышением динамического воздействия отдельных частиц и их групп на обрабатываемую поверхность [5]. Это способствует активации процесса равномерного снижения высоты микронеровностей как у их вершин, так и во впадинах. Более подробно процесс формирования микропрофиля твердосплавного инструмента в процессе MAO можно рассмотреть в результате анализа зависимостей изменения опорной длины микропрофиля t_p от высоты микронеровностей (его уровня). Характерные зависимости изменения величины t_p , полученного при различных режимах MAO, приведены на рис. 4.

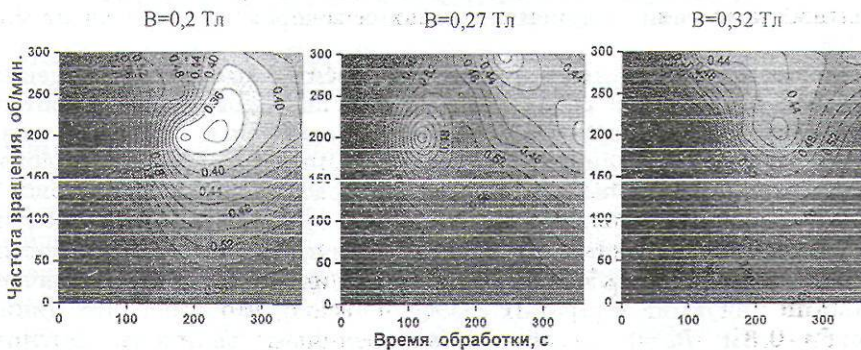


Рисунок 3 - Топограммы изменения величины шероховатости поверхности R_a , мкм, в зависимости от скорости и времени MAO при магнитной индукции в рабочих зазорах 0,2 Тл - а); 0,27 Тл - б); 0,32 Тл - в)

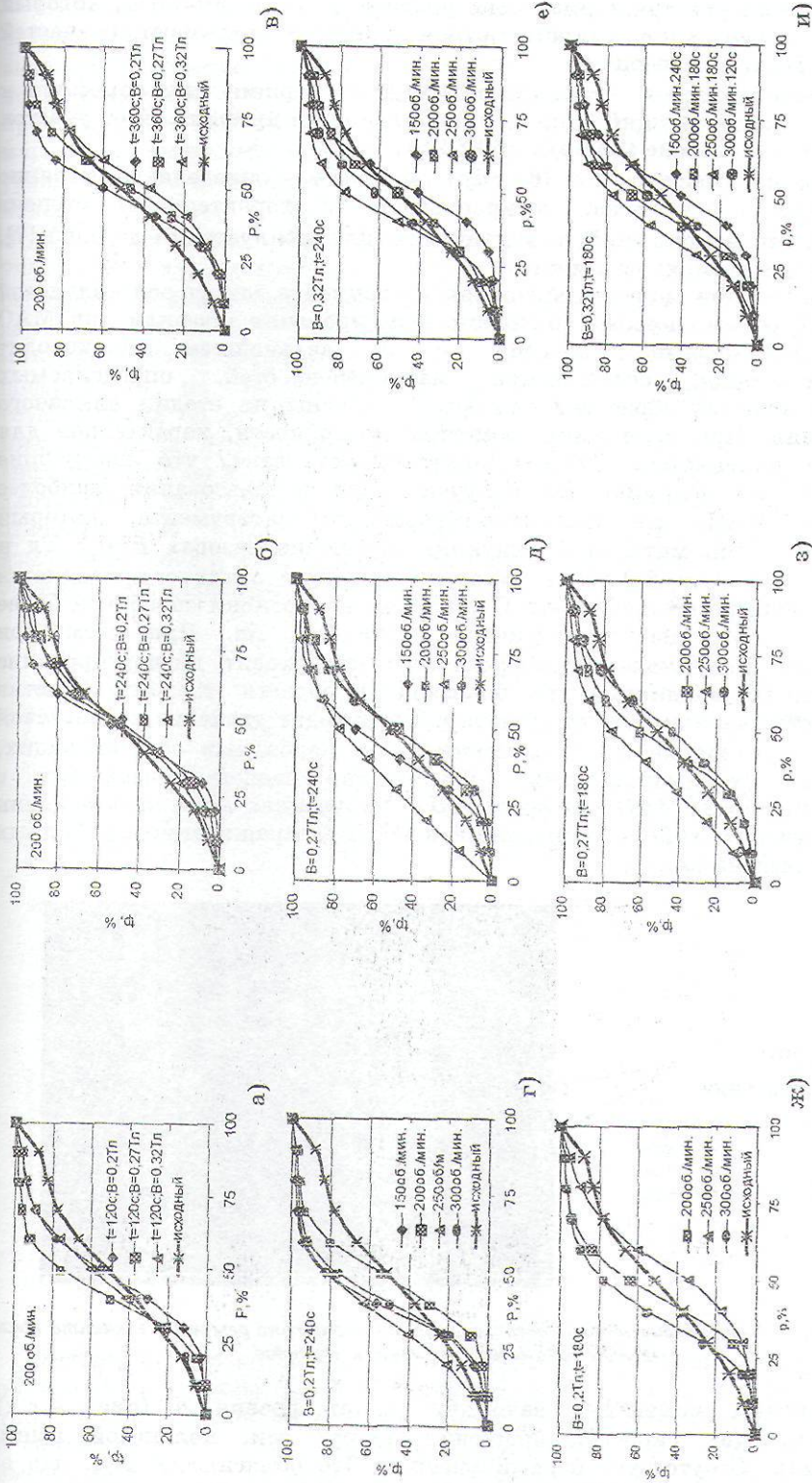


Рисунок 4 - Изменение относительной величины опорной поверхности t_p микропрофиля твердого сплава Тi-6Аl-4V после МАО при различных режимах обработки в зависимости от относительного уровня высоты неровностей R

Условно кривые изменения величины t_p в зависимости от высоты уровня можно разделить на три участка:

- Первый участок в диапазоне уровней от 0 до (30-35)%, который отвечает за состояние микрогеометрии наиболее выступающих частей микропрофиля – их вершин;

- Второй участок – участок перехода от вершин микропрофиля к впадинам, определяющий степень разветвленности профиля. Этот участок находится в диапазоне (30-35)%-(60-80)%;

- Третий участок – от (60-80)% до 100% - определяет состояние поверхности во впадинах микропрофиля и характеризует степень концентрации напряжений, возникающих при эксплуатации деталей [7], маслосъемность поверхности и т.п.

Показано, что при скорости вращения инструмента вокруг оси кольцевой ванны 200 об/мин процесс активного формирования профиля при МАО происходит первые 120-150 с. В дальнейшем происходит преимущественное сглаживание макронеровностей, определяемых наследственностью обработки, которые получены на стадии алмазного шлифования. При этом микрогеометрия поверхности, характерная для МАО, не изменяется. Следует отметить тот факт, что наилучшие результаты по величине Ra получены при использовании наиболее «мягкого» МАИ, т.е. магнитно-абразивного инструмента, который формируется при магнитной индукции в рабочих зазорах $B=0,2$ Тл и скорости обработки 2-2,5 м/с, и в нем наиболее активно проявляется действие поддеформаторных сил. С увеличением времени обработки более 240-300 с наблюдается увеличение величины Ra . При этом при сглаженных вершинах микронеровностей происходит диспергирование материала во впадинах, что показано в области третьего участка зависимостей величины t_p от уровня p . Происходит удаление кобальтовой связки и проявление на поверхности зерен карбидных составляющих, вплоть до их выкрашивания. Фотография задней поверхности с инструмента после МАО в течение 360 с, полученная в косом освещении при увеличении $\times 520$ с отдельными зонами выкрашивания карбидных зерен, приведена на рис.5.

Зоны
выкрашивания

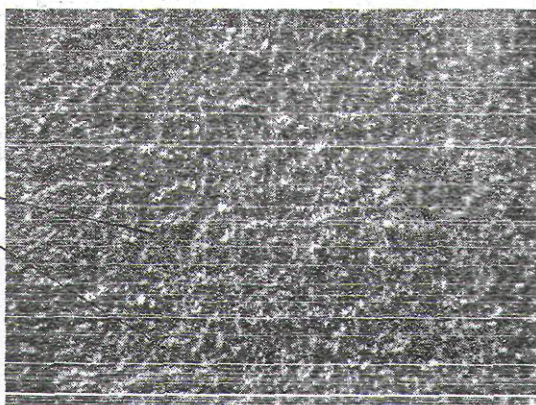
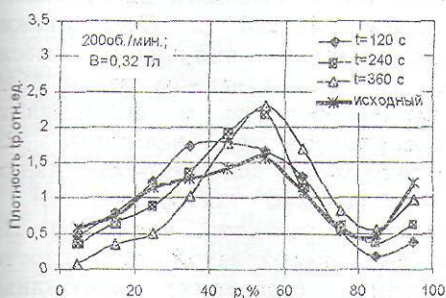


Рисунок 5 - Фотография задней поверхности твердосплавного режущего элемента после МАО с зонами выкрашивания карбидов

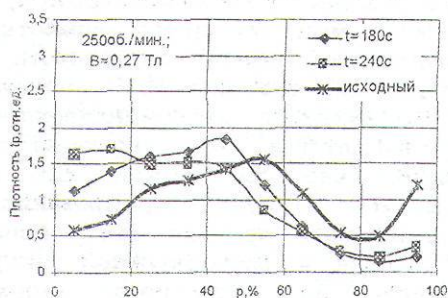
На кривых изменения величины t_p от уровня p (рис. 4, г, д), соответствующих скорости вращения вокруг оси, кольцевой ванны 250 об/мин. Отсутствует первый участок. Это объясняется тем, что за выполненное время обработки процесс МАО по своей полирующей способности достиг максимальной интенсивности по отношению к

шероховатости для применяемого типа магнитно-абразивного порошка [3] и условий МАО.

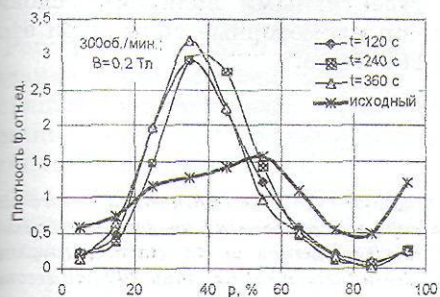
Причем в данной области технологических режимов получены результаты, близкие к оптимальным и по времени, и по R_a , и по значениям поверхностной твердости [5], что является дополнительным подтверждением действия динамических процессов в МАИ, происходящих при МАО в условиях больших рабочих зазоров и малых магнитных индукций. Следует отметить, что вид кривых изменения t_p от уровня p , характерный для условий МАО: скорость вращения вокруг оси кольцевой ванны – 250 об/мин, магнитная индукция в зонах МАО $B=0,2$ Тл и время обработки $t=120-240$ с, с вырожденным первым участком характерен для микропрофиля с выглаженными, располдированными впадинами [8], что подтверждает приведенные выше данные. Выполненное дополнительное моделирование формы и вида микро рельефа поверхности и анализ значений относительной опорной поверхности по методике, описанной в [8], показали, что для установления более полной картины процесса кинетики формирования микропрофиля целесообразно рассмотреть изменения, происходящие с дифференциальной величиной опорной поверхности – относительной плотностью величины опорной поверхности в зависимости от уровня относительной высоты неровностей p . Характерные зависимости изменения относительного значения плотности опорной поверхности над уровнем p от величины p приведены на рис.6.



а)



б)



в)

Рисунок 6 - Изменение относительной плотности опорной поверхности микропрофиля сплава Т14К8 при различных режимах в зависимости от относительной высоты микронеровностей

Интерес представляют значения максимумов изменения относительной плотности величины t_p . Эти значения находятся на втором участке кривых изменения величины относительной опорной поверхности (рис.4) и соответствуют точкам перегиба на графиках, т.е. точкам, в которых имеет место переход от вершин микронеровностей к впадинам. Для образцов после алмазного шлифования эти значения находятся в области абсцисс – 50-60%, что говорит о преобладании в микропрофиле

относительно острых вершин (рис.1) с относительной высотой $p > 50-60\%$ и разветвленной верхней частью. То есть такой профиль явно не благоприятен для эксплуатации в условиях триботехнического контакта-условиях эксплуатации режущего инструмента.

Магнитно-абразивная обработка при большинстве режимов в исследуемом диапазоне при времени МАО до 200 с приводит к смещению максимумов в область 30-40% (рис.6,в). Таким образом, после МАО формируется выглаженный профиль без явно выраженных выступающих острых микровыступов. Увеличение времени обработки в определенных случаях приводит к смещению максимумов в область 50-60% (рис.6,а), т.е. происходит проработка впадин. При этом вершины остаются расположенными, а происходит преимущественное удаление материала из впадин, вплоть до выкрашивания отдельных зерен карбидной составляющей твердого сплава, что подтверждается результатами, приведенными на рис. 2,б и рис. 5. Обработка на оптимальных режимах обеспечивает формирование микропрофиля с достаточно равномерным распределением относительной плотности опорной длины профиля в зависимости от относительной его высоты p (рис.6,б).

ВЫВОДЫ

Выполненные исследования показали, что магнитно-абразивная обработка твердосплавного режущего инструмента в условиях больших магнитных зазоров обеспечивает формирование равномерной шероховатости рабочих поверхностей режущего инструмента с $Ra < 0,3$ мкм при исходной шероховатости, полученной после алмазного шлифования, $Ra = 0,8$ мкм за время обработки менее 200-240 с. Исследования изменения опорной поверхности микропрофиля, полученного после различных режимов МАО, показали, что на начальном этапе МАО осуществляется преимущественное диспергирование и сглаживание микровыступов на шероховатой поверхности до величины Ra , минимально достижимой для используемого магнитно-абразивного порошка. После формирования минимальной шероховатости с увеличением времени МАО происходит возрастание величины Ra , связанное с расползровкой микровпадин шероховатой поверхности, вплоть до отдельного выкрашивания (удаления) карбидных составляющих твердого сплава.

Для обработки сменного твердосплавного инструмента в установках с большим рабочим зазором наиболее эффективными являются условия МАО, при которых активно действуют пондеромоторные силы. При этом время обработки не должно превышать 200-240 с.

SUMMARY

The executed researches have shown, that the magnetic - abrasive treatment of a hard-alloy cutting instrument in conditions of major magnet gaps ensures forming an even roughness of working surfaces of a cutting instrument with $Ra < 0,3$ microns at an starting roughness obtained after diamond grinding - $Ra = 0,8$ a micron, during treatment less than 200-240 seconds.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лосняк М.Г. Прочность и долговечность твердых сплавов. - Киев: Наукова думка, 1984. - 328 с.
2. Барон Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущего инструмента. - Л.: Машиностроение. - 1986. - 176с.
3. Олигер В.Е. Порошки для магнитно-абразивной обработки и износостойких покрытий. - М.: Металлургия. - 1990. - 176 с.
4. Кобчиков В.С. Технология магнитно-абразивного полирования изделий из твердых сплавов: Автореф... канд. техн. наук. - Л.: ЛПИ, 1983. - 16с.

- 3. Гейчук В.Н., Майборода В.С., Ульяновко Н.В. Магнитно-абразивная обработка неперегачиваемых твердосплавных пластин //Вестник национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». -К.: Машиностроение. - Вып.44.- 2002.
- 4. Майборода В.С. Основи створення і використання порошкового магнітно-абразивного інструменту для фінішної обробки фасонних поверхонь: Дис... докт.техн.наук.- Київ, 2001. - 404 с.
- 5. Хусу А.П., Витенберг Ю.Р., Пальмов В.А. Шероховатость поверхности (теоретико-вероятностный подход). - М.: Наука, 1975. - 344с.
- 6. Сакулевич Ф.Ю., Кравченко Л.Н. Исследование влияния МАП на качество поверхности при безразмерной обработке плоских поверхностей из ферромагнитных и диамагнитных материалов //Магнитно-абразивное полирование деталей: Тез. докладов республ. н.-т. совещания.- Минск, 1976. - С.67-73.

Поступила в редколлегию 16 декабря 2002г.

УДК 621.002

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ РЕСУРСНЫХ ОГРАНИЧЕНИЯХ КАК СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Е.В. Мишура, асп.

(Донбасская государственная машиностроительная академия)

Ресурсосбережение как научная проблема стала актуальна в развитых странах с 1980 г. Работами, связанными с моделированием и математическим обеспечением ресурсосберегающих технологий в производстве, занимались: Челюсткин А.Б., Железнов Ю.Д., Полухин П.И., Полухин В.П., Песел М.И., Кисиль В.В., Бейгельзимер Э.Е., Радченко С.Г., Якобс Г.Ю., Кохан Д., Маккалох В., Питс В., Розенбладт и др.

В области машиностроения таких работ практически не велось. Занимаясь вопросом ресурсосбережения в машиностроении, нами была сделана попытка создания универсальной ресурсной модели технологического процесса. Эта модель позволяет синтезировать оптимальный технологический процесс, учитывая уже существующие ресурсные ограничения.

Работа по созданию модели велась в несколько этапов. Первый этап создания ресурсосберегающей модели технологического процесса посвящен исследованию проблемы обоснования и выбора целевой функции при оптимизации и синтезе технологической операции и технологического процесса.

На схеме рис. 1 представлены основные ограничения, как технические, так и экономические, влияющие на построение оптимального технологического процесса. Проанализировав их влияние, мы пришли к выводу, что наиболее информативным показателем является целевая функция - максимальная прибыль, позволяющая учитывать такие трудно формализуемые понятия, как цена изделия, конкурентоспособность продукции и др.

Форму целевой функции - максимальную прибыль - было предложено определять следующим образом (выведена на основании формулы стоимостной целевой функции для оптимизации технологической операции механообработки, предложенной Коханом Д. и Якобсом Г.Ю. в 1981 г.):