

6. Интернет портал завода приборных подшипников «ОК-ЛОЗА»
/http://www.okloza.ru/about.shtml
7. Спришевский А.И. Подшипники качения. М., 1969г. - 632с.
8. ГОСТ 24642-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения.

Автоматическая оценка состояния режущего инструмента на многоцелевых станках

д.т.н. проф. Тимирязев В.А., к.т.н. проф. Хостикоев М.З.
МГТУ «СТАНКИН», РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина
(499) 972-94-49

Аннотация. Рассмотрены вопросы оценки работоспособности режущего инструмента, применяемого на многоцелевых станках. Применение таких систем позволяет своевременно осуществить автоматическую замену режущего инструмента, обеспечивая реализацию автоматического цикла работы станка.

Ключевые слова: стойкость, работоспособность, инструмент, система

Эффективное использование многоцелевых станков, обеспечивающих реализацию безлюдной технологии, требует решения задач, связанных с автоматическим определением состояния режущего инструмента, необходимости коррекции его положения или замены. Обработка заготовок корпусных деталей средних размеров на многоцелевых станках предусматривает от 5 до 15 различных режущих инструментов (фрез, сверл, зенкеров, расточных резцов, метчиков). Одним из параметров оценки состояния режущего инструмента, является продолжительность его работы на станке начиная с момента его установки. Это время рассчитывают:

$$\tau_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{i=n} \tau_i ,$$

где τ_i – время резания при выполнении инструментом определенного перехода;

n – число выполненных переходов к рассматриваемому моменту времени.

Учет продолжительности работы каждого инструмента основан на использовании ЭВМ и программных методов получения и оценки технологической информации. Управляющую программу станка с ЧПУ транслируют через ЭВМ, в которой происходит считывание текста по каждому из кадров программы и получение необходимых исходных данных для выполнения последующих расчетных процедур. В процессе просмотра программы компьютер определяет вид и количество i используемого инструмента $i = 1, 2, \dots, i$, а также многократность j его применения за один цикл обработки $j = 1, 2, \dots, j$.

Одновременно выявляются режимы резания: подача S_i и частота вращения шпинделя n_i , заданные в программе станка для каждого инструмента: $S_1, n_1 ; S_2, n_2 ; \dots S_i, n_i$.

Путем выявления координат, соответствующих началу x_n, y_n, z_n и концу x_k, y_k, z_k перемещения инструмента на рабочей подаче S_i , компьютер находит длину резания L_i для каждого инструмента: L_1, L_2, \dots, L_i , по каждой из задаваемых координат: $L_{Xi} = X_{ki} - X_{ni}$; $L_{Yi} = Y_{ki} - Y_{ni}$; $L_{Zi} = Z_{ki} - Z_{ni}$.

В результате в ЭВМ формируется массив данных о номенклатуре применяемого инструмента, режимах обработки и длине резания на каждом рабочем ходе, выполняемом соответствующим инструментом. При необходимости полученный массив данных выводится на экран монитора или выводится в виде распечатки.

На основе полученных данных ЭВМ вычисляет продолжительность резания при после-

довательном выполнении переходов соответствующим инструментом: $\tau_i = L_i/S_i$. Полученные результаты суммируются и определяется время работы каждого инструмента за цикл обработки одной детали [1]: $\tau_{1\Sigma}; \tau_{2\Sigma}; \dots \tau_{i\Sigma}$.

На основе непрерывного слежения за числом обрабатываемых деталей вычисляется фактическое время работы каждого режущего инструмента при данных условиях обработки и сравнивается с его расчетной стойкостью T .

Если фактическое время работы режущего инструмента достигает периода его стойкости, то возникает вопрос о необходимости его замены. Рекомендуемые значения стойкости инструментов вводятся в память ЭВМ в виде массивов или в виде аппроксимированных зависимостей $T = f(S, v)$.

В результате становится возможным:

- определить число однотипных деталей m_i , которые могут быть обработаны каждым инструментом за имеющийся период стойкости $m_i = Ti / \tau_{i\Sigma}$;
- выявить момент, когда время резания при обработке однотипных заготовок инструментом i достигает заданного периода его стойкости $m \cdot \tau_{i\Sigma} \Rightarrow Ti$;
- оценить по окончании обработки партии заготовок из m штук состояние режущего инструмента по значению оставшейся стойкости $T_{oi} = Ti - m\tau_{i\Sigma}$.

Последующую обработку заготовок нового типоразмера в общем случае можно выполнять тем же режущим инструментом, но с другими режимами резания S_j, v_j, t_j и при иных условиях обработки. Каждому из таких сочетаний режимов резания соответствует свое расчетное значение периода стойкости режущего инструмента:

$$T_1 = f(S_1, v_1); T_2 = f(S_2, v_2); \dots T_n = f(S_n, v_n),$$

которое может отклоняться как в большую, так и в меньшую сторону:

$$T_1(S_1, v_1) > T_2(S_2, v_2); T_1(S_1, v_1) = T_2(S_2, v_2); T_1(S_1, v_1) < T_2(S_2, v_2).$$

Период стойкости инструмента на выполнение новых переходов j с учетом использованного ресурса стойкости на предыдущем переходе ($j - 1$) составит

$$T_j^* = T_j \cdot T_{o(j-1)} / T_{(j-1)},$$

где $T_j, T_{(j-1)}$ — расчетные периоды стойкости для условий данного и предшествующего переходов; $T_{o(j-1)}$, — период стойкости, оставшейся по окончании ($j - 1$) перехода.

Если по окончании обработки заготовок одного типоразмера инструмент еще сохраняет определенный ресурс стойкости, то ЭВМ выполняет аналогичные расчеты и инструмент используется для последующей обработке новых заготовок. Режущий инструмент применяют до наступления момента, когда период его оставшейся стойкости достигнет нулевого значения $T_{oj} \Rightarrow 0$.

Сравнение времени резания с расчетным периодом стойкости в общем случае позволяет судить о состоянии инструмента и его возможностях. Однако, как показывает практика, фактическая стойкость инструмента может колебаться в широких пределах (изменяться в 1,5—3 раза и более). Причинами этого являются разброс качества инструмента и нестационарный характер процесса резания, обусловленный изменением входных параметров заготовки. Это обстоятельство требует одновременного использования и других критериев, позволяющих оценить состояние режущего инструмента в комплексе, что возможно путем применения микропроцессоров и информационно-измерительных блоков систем адаптивного управления.

К числу таких критериев в первую очередь относится технологический критерий, который позволяют оценить состояние инструмента с позиции получаемых параметров точности детали. Согласно этому критерию инструмент требует замены, если требуемые размеры детали или шероховатость поверхности не обеспечиваются, а размерная поднастройка не представляется возможной: $\Delta_A^B < \Delta_A < \Delta_A^H$,

где: Δ_A^B, Δ_A^H — допускаемые верхние и нижние предельные отклонения параметра точности; Δ_A — фактическое отклонение параметра точности детали.

При достижении предельных отклонений (Δ_A^B, Δ_A^H) формируется команда на прекращение цикла обработки и замены инструмента на новый. На многоцелевом станке фрезерно-расточного типа отклонения размеров детали фиксируют с помощью устанавливаемой в шпиндель измерительной головки. При косвенном контроле отклонения размеров фиксируют путем измерения размерного износа инструмента, что также выполняют в цикле работы станка с использованием контактных и бесконтактных датчиков, определяющих также целостность инструмента.

Силовой критерий позволяет оценить режущую способность инструмента путем измерения сил резания и моментов, действующих в процессе обработки. Затупление инструмента в результате изнашивания приводит к увеличению сил резания и моментов. Это позволяет определить относительное приращение нагрузки, а следовательно, и состояние инструмента.

Для измерения сил резания и моментов можно применять встраиваемые динамометрические узлы. Однако наиболее простым вариантом, при котором не требуется конструктивного изменения узлов станка, является оценка действующей нагрузки путем измерения силы тока или мощности двигателя по каждой из управляемых координат станка. Получение одновременной информации с электродвигателях управляемых координат станка и оценка ее с помощью ЭВМ позволяют судить о составляющих силы резания и моментах при обработке различным инструментом (фрезами, сверлами, резцами и др.) при разных направлениях подачи. Крутящий момент $M_{кр}$ на шпинделе определяют путем измерения мощности главного двигателя $N_{ш} \cong M_{кр}$, а осевую силу F_0 — путем измерения мощности двигателя подачи.

На рисунке 1. представлен график относительного изменения нагрузки на главный двигатель $N_{ш}$ и двигатель подачи N_s при сверлении острым и затупленным сверлами диаметром $D = 10$ мм на глубину $L = 3D$ в заготовке из чугуна СЧ15, износ сверла по углам 1,1 мм, износ по задней грани до 0,35 мм.

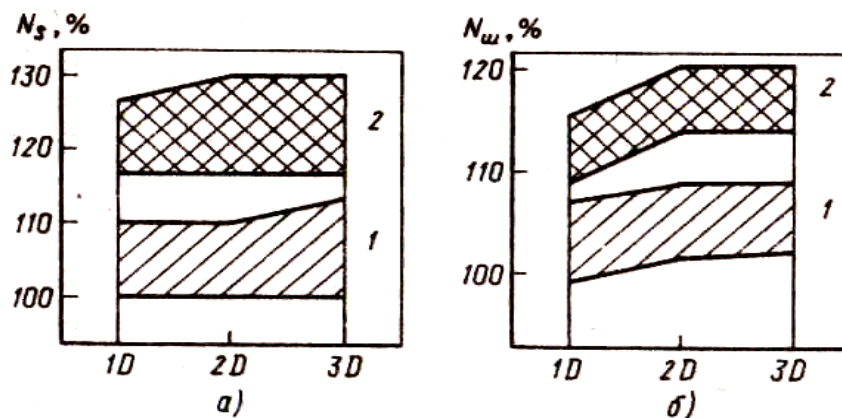


Рисунок 1 – Относительное приращение нагрузки в приводе многоцелевого станка при сверлении острым (1) и затупленным (2) сверлом: а — нагрузка на двигатели подачи; б — нагрузка на двигателе шпинделя.

Сверление проводилось на многоцелевом станке автоматизированного участка. При работе затупленным сверлом приращение нагрузки в приводе подачи достигает по верхнему отклонению $\Delta_{N_s}^B = 45$ %, а по нижнему $\Delta_{N_s}^H = 25$ %. При этом в качестве начальной величины, принимаемой за 100 %, была выбрана наименьшая нагрузка, получаемая при работе острым сверлом. Приращение нагрузки в приводе главного движения составляет по верхнему отклонению $\Delta_{N_{ш}}^B = 22,3$ %, по нижнему отклонению — $\Delta_{N_{ш}}^H = 15$ %.

Работа системы, осуществляющей оценку состояния инструмента по приращению нагрузки, происходит в двух режимах. В начале, когда происходит резание новым инструмен-

том, происходит формирование эталонного диагностического сигнала N_n . Система автоматически запоминает этот сигнал, а затем использует его для расчета уставки, определяющей допустимое значение нагрузки $N_{ПП}$ для затупленного инструмента:

$$N_{ПП} = k N_n,$$

где k — коэффициент предельного приращения нагрузки, устанавливаемый для соответствующего инструмента.

Эталонный диагностический сигнал формируется при обработке одной или двух первых деталей партии. В процессе обработки последующих деталей система работает во втором режиме, когда текущее значение нагрузки N_T сравнивается с рассчитанным значением уставки и в случае ее достижения $N_T \cong N_{ПП}$ дается команда на замену инструмента.

Поступление команды о предельной нагрузке обычно происходит в процессе резания, прерывание которого при отсутствии поломки является крайне нежелательным. Прекращение резания и замена инструмента при незавершенной обработке поверхности вызывает погрешность размеров и возможный брак детали. Для исключения этого представляется целесообразным осуществлять адаптивное управление режимами обработки — подачей S и скоростью $V(n)$, уменьшение которых позволяет быстро снизить нагрузку на инструмент и продолжить обработку поверхности до конца.

Так, например, при сверлении отверстия на глубину L выдается команда на замену инструмента в момент, когда величина заглубления составила $l \leq L$ (рисунок 2,а). Схема влияния изменения частоты вращения сверла (скорости резания) на состояние износа h инструмента показана на рисунке 2,б. В момент появления сигнала предельной нагрузки $N_{ПП}$ частота вращения сверла n уменьшается, в результате чего точка начала катастрофического износа смещается, что позволяет продлить стойкость инструмента и выполнить сверление на оставшуюся глубину Δl . На рисунке 2,в показана схема влияния подачи S на осевую нагрузку. С момента достижения предельной нагрузки $N_{ПП}$ продольная подача уменьшается, обеспечивая снижение нагрузки на инструмент $S = f(N)$ и возможность выполнения сверления на оставшуюся глубину Δl .

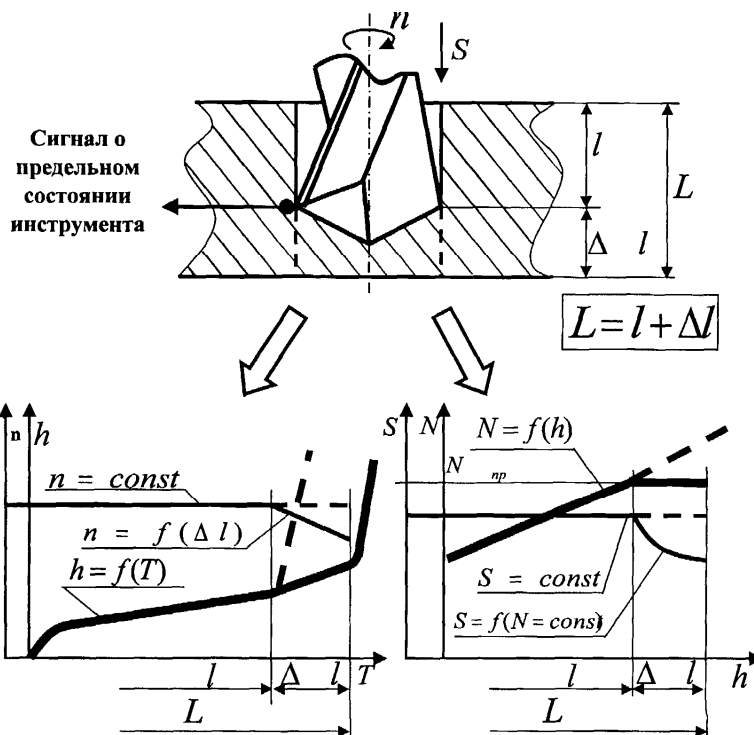


Рисунок 2 – Схемы влияния режимов обработки на состояние режущего инструмента и действующую на него нагрузку

Таким образом, современные системы оценки состояния режущего инструмента на

многоцелевых станках позволяют определить момент его замены с учетом нескольких критериев. Вопрос о замене инструмента решает ЭВМ в соответствии с заданным алгоритмом принятия решения. В основе принятия решения лежит информация, которая характеризует целостность инструмента, его размерный износ, оставшийся период стойкости, нагрузку, действующую в процессе обработки и отклонения получаемых параметров точности детали.

Литература

1. Проектирование технологии автоматизированного машиностроения под ред. ЮМ. Соломенцева. М.:Высшая школа, 1999. 416с.

Моделирование схем базирования заготовок на станках

д.т.н. проф. Тимирязев В.А., к.т.н. проф. Новиков В.Ю., Костенко А.А.
МГТУ «СТАНКИН»
(499) 972-94-49

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы моделирования точности соединений деталей при базировании их в сборочной единице по трем плоскостям.

Ключевые слова: проектирования станочных приспособлений, схемы базирования заготовок на станках, компьютерное моделирование процесса базирования

Создание эффективной системы автоматизированного проектирования станочных приспособлений (САПР СП) определяет необходимость разработки методики и соответствующих программ, обеспечивающих возможность компьютерного моделирования процесса базирования устанавливаемых заготовок с целью выявления оптимальной схемы их установки и закрепления.

Если с комплектом технологических баз заготовки связать координатную систему (X, Y, Z) , а с исполнительными поверхностями приспособления – координатную систему (x, y, z) , то установку заготовки можно рассматривать как совмещение координатной системы (X, Y, Z) баз заготовки с координатной системой (x, y, z) исполнительных поверхностей приспособления:

$$\begin{array}{c} (X, Y, Z) \Rightarrow (x, y, z) \\ \Downarrow \\ \omega_y \end{array}$$

Отклонение одной координатной системы относительно другой характеризует погрешность установки заготовки ω_y , которая определяется вектором:

$$\omega_y = (a_y, b_y, c_y, \lambda_y, \beta_y, \gamma_y),$$

где: a_y, b_y, c_y – параметры смещения, $\lambda_y, \beta_y, \gamma_y$ – параметры поворот одной координатной системы относительно другой.

Аналогично при автоматизированном проектировании приспособлений с использованием САПР СП следует рассматривать также и процесс сборки приспособления, т.е. процесс соединения его конструктивных элементов.

Для однозначного математического описания трех типовых схем базирования используем принцип идентификации баз [1], согласно которому координаты шести опорных точек, определяющих положение заготовки в системе (x, y, z) , делят на две группы:

- плановые координаты (x_i, y_i, z_i) , определяющие расположение опорных на базирующих поверхностях при вид в плане;
- нормальные координаты $(\Delta x_i, \Delta y_i, \Delta z_i)$, определяющие отклонения опорных точек по нормали к базирующим поверхностям.