

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧЕСКОГО ПРОЦЕСА НАКАТЫВАННЯ НАРУЖНИХ РЕЗЬБОВИХ ПРОФИЛЕЙ

Алексеев И.А.

Украина, Днепродзержинський державний
технічний університет

Накатывание по сравнению с другими методами изготовления резьб обладает рядом преимуществ и, в частности, по сравнению с нарезанием позволяет уменьшить трудоемкость до 10 раз, увеличить коэффициент использования металла и повысить реальную прочность деталей за счет наклепа, ориентированного расположения несовершенств строения структуры и создания благоприятной системы остаточных напряжений [1]. Все способы накатывания основаны на использовании пластических свойств металла заготовки и заключаются в последовательном перенесении профиля накатного инструмента на деталь.

Характер напряженно-деформированного состояния заготовки (в пределах длины контакта с роликами) в значительной степени определяется конечными условиями формирования резьбы. Возможны два случая: вершины витков накатываемой резьбы не достигают впадин витков роликов – накатывание в незаполненном контуре рабочих витков роликов (рис.1), или накатываемая часть заготовки обжимается роликами (контактирует) по всей поверхности – накатывание в заполненном контуре. Как правило, параметры процесса накатки выбирают таким образом, что формирование профиля происходит последовательно в несколько этапов: накатка в незаполненных контурах, накатка в заполненных контурах и калибрование. Практически, было установлено, что наиболее благоприятным, с точки зрения конечной точности геометрии и физических свойств профиля, является режим формообразования, при котором на этапе накатки в заполненных контурах деталь делает 2-3 оборота и непосредственно после этого начинается этап калибрования профиля, путем плавного уменьшения усилия прижима подвижного инструмента.

Начало этапа прокатки в заполненных контурах определяют экспериментально, прокаткой опытной партии. На рис.1 приведена

зависимость наружного диаметра резьбового профиля для различных усилий прижима подвижного инструмента. Для обеспечения заданного режима формообразования применяют различные механические и электромеханические ограничители перемещения подвижного накатного инструмента [2]. Однако, при колебаниях диаметра подрезьбовой части заготовки более чем на 10 % данные устройства является малоэффективными. Кроме того, износ и разогрев накатного инструмента, опорных ножей, повышение температуры рабочей жидкости и наличие в ней воздушных примесей, приводит к необходимости переопределения режимов прокатки в ходе процесса.

Для определения фаз прокатки детали непосредственно в ходе формообразования предложена методика анализа электрического сопротивления очага деформации постоянному току большой величины. Электрическое сопротивление очага деформации является параметром, связывающим механические показатели процесса прокатки с параметрами токового режима. Полное сопротивление заготовки складывается из двух контактных сопротивлений на переходах валок-заготовка и сопротивлением самой заготовки. Контактное сопротивление определяется состоянием контактирующих поверхностей – микрорельефом, твердостью и усилиями на контактирующих поверхностях.

Сопротивление объёма деформируемой заготовки можно определить, исходя из следующих рассуждений: заготовку, находящуюся в валках при прокатке можно представить, как цилиндр, на который наложены контактные электроды. В качестве электродов можно рассматривать приконтактные зоны в виде цилиндров с диаметром, равным ширине контактной поверхности для деформируемой части заготовки. Тогда можно записать:

$$R_O = \frac{\rho}{\pi \cdot h l} \cdot \ln \frac{d}{b} \quad (1)$$

где: R_O – сопротивление объёма деформируемой части заготовки, Ом;

ρ – удельное сопротивление материала заготовки Ом·м;

b – ширина контактной поверхности, мм;

d – диаметр прокатываемой части заготовки;

h – длина деформируемой части заготовки, м.

Для аналитического определения контактного сопротивления воспользуемся формулой [3]:

$$R_k = k \cdot \rho \cdot H^{-0.5} \cdot P^{-n} \quad (2)$$

где: R_k – контактное сопротивление, Ом;

k – коэффициент;

H – микротвердость;

P – усилие, действующее в зоне контакта;

n – показатель, зависящий от условий контакта;

ρ – удельное сопротивление.

В зависимости от состояния контактирующих поверхностей (шероховатость, наличие окисных пленок) коэффициент n изменяется в пределах 0.4...0.7. После подстановки параметров процесса: резьба М14х1.25, длина подрезьбовой части $l = 22$ мм, материал Ст.3, микротвердость НВ = 120, получим – $R_0 = 0.00043$ Ом, $R_k = 0.0048$ Ом.

Полное сопротивление заготовки как минимум, на порядок больше ее объемного сопротивления, поэтому в практических расчетах можно не принимать во внимание объемное сопротивление заготовки и считать полное сопротивление равным удвоенному контактному сопротивлению (так как в электрическую цепь входит два сопротивления на переходах инструмент-заготовка и заготовка-инструмент).

В ходе формообразования будет происходить постепенное увеличение площади поверхностного контакта заготовки и инструмента, что приведет к падению электрического сопротивления очага деформации.

Экспериментальные исследования указанной зависимости проводили на профиленакатном автомате UPWS-16 с применением тиристорного выпрямителя. Параметры эксперимента: напряжение приложенное к очагу деформации $U = 2...2.2$ В, ток $I = 100...700$ А, материал Ст.3, диаметр заготовки $d_0 = 13.18 \pm 5\%$, микротвердость НВ = 120, тип накатываемой резьбы: М14х1.25, длина подрезьбовой части $l = 22$ мм. Высоту профиля контролировали дважды: первый раз измеряли наружный диаметр накатанной резьбы механическим

микрометром с точностью $\Delta = \pm 10$ мкм, затем уточняли полученный диаметр и форму профиля оптическим резьбомерным микроскопом типа БМИ-Щ с точностью ± 0.002 мм.

Эксперимент проводили в два этапа: в статическом и динамическом режиме.

В первом случае при остановленных накатных роликах производили изменение усилия прижима инструмента и фиксировали значение электрического напряжения, тока протекающего через очаг деформации и высоту профиля зуба образующегося на поверхности заготовки. Токовые режимы: 350А, 250А, 150А. Объем выборки для каждого из режимов 50 деталей, шаг приращения высоты зуба 0.1 мм. Графическая интерпретация полученного результата показана на рис.2. Как видно из рисунка для участка формирования профиля характерен резкий спад сопротивления с коэффициентом для $I = 350$ А, $g \approx 0.017...0.021$ Ом/мкм.

Во втором случае производили непосредственную накатку резьбового профиля М14х1.25, длина резьбы $l = 22$ мм, при токе протекающем через очаг деформации 300А и с помощью самописца типа Н327-3 прописывали осциллограммы изменение сопротивления очага деформации. На рис. 3 приведена характерная осциллограмма процесса и обозначен участок окончания формирования высоты профиля (граница прокатки в заполненных и незаполненных контурах). На участке графика, соответствующего сформированному по высоте профилю, максимальному для используемого инструмента, характерно фактически постоянство сопротивления с незначительным его уменьшением за счет падения объемного сопротивления. На общую картину изменения электрического сопротивления очага деформации накладываются шумы средне и высоко частотных составляющих процесса, обусловленные особенностями токоподающего механизма, биением валковой системы, наличием смазки в очаге деформации[2].

Выводы:

1. По закономерности изменения активного сопротивления очага деформации во время накатки, возможно косвенно оценивать фазы формирования резьбового профиля.

2. Для получения более наглядной картины изменения электрического сопротивления очага деформации необходимо применять низкочастотную фильтрацию с верхней частотой соответствующей частоте полезной составляющей (≈ 1.5 Гц для случая рассмотренного в работе).

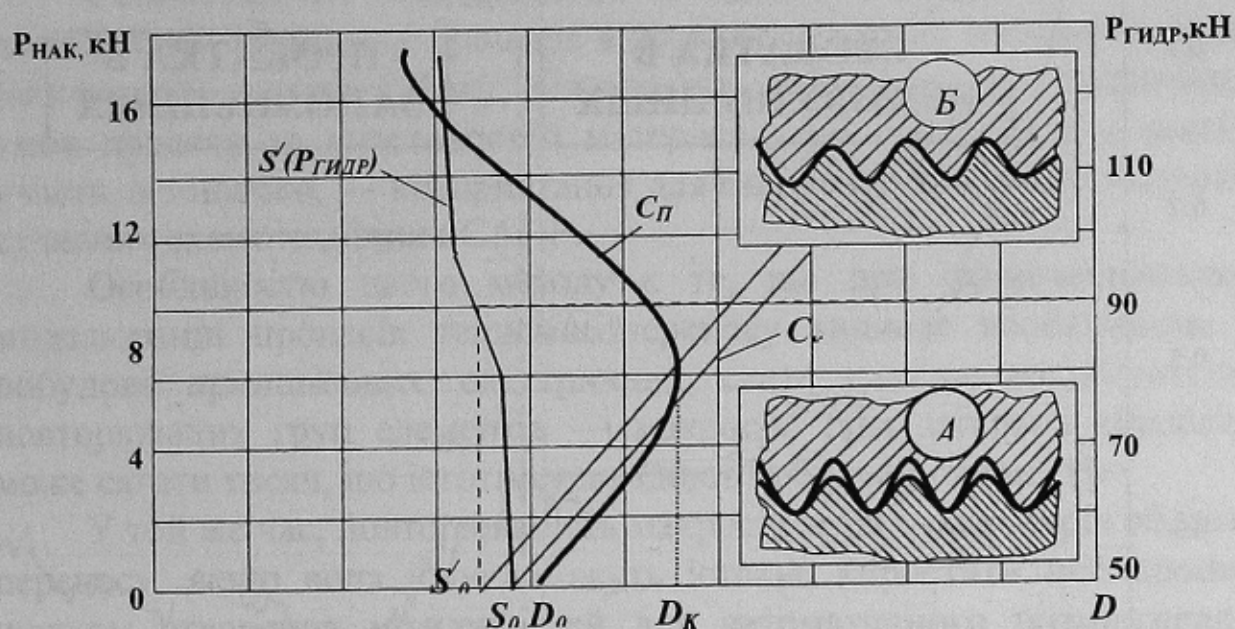


Рисунок 1 - Зависимость высоты профиля от усилия прижима инструмента

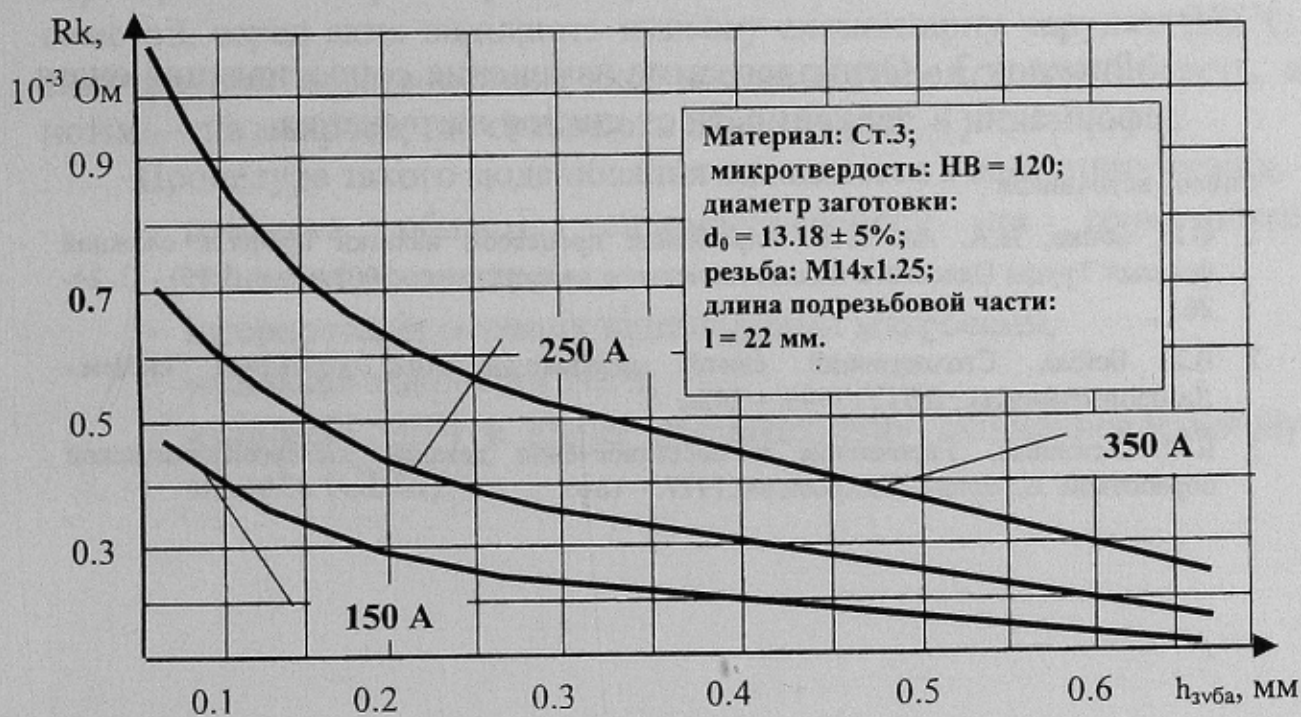


Рисунок 2 - Зависимость сопротивления очага деформации от высоты профиля зуба резьбы



Рисунок 3 - Осциллограмма изменения сопротивления очага деформации в зависимости от циклов нагружения

Список источников

1. В.И. Бойко, И.А. Алексеев. Управление процессом накатки профиля сложной формы// Труды Одесского политехнического университета.-2001.- Вып.3(15).- С. 24-26.
2. В.И. Бойко, Стохастичний синтез перешкодостійких керованих систем.- Дніпродзержинськ; ДДТУ, 1999. – 202с.
3. Б.М. Аскинази, Упрочнение и восстановление деталей электромеханической обработкой. Л., «Машиностроение»,1977. – 184с.