

откуда

$$i_{c\theta} = \frac{ai_{\theta a} \sin \varphi_a + \theta \sin \varphi_\theta}{c \sin \varphi_c}$$

Угловое ускорение  $\varepsilon_c$  ведомого коромысла определится по формуле

$$\begin{aligned} \varepsilon_c &= \omega_1^2 \cdot \frac{di_{c1}}{d\varphi_1} = \omega_1^2 \cdot \frac{d(i_{c\theta} i_{\theta 1})}{d\varphi_2} \cdot \frac{d\varphi_b}{d\varphi_1} = \\ &= \omega_1^2 \cdot i_{\theta 1} \cdot \left( \frac{di_{c\theta}}{d\varphi_b} \cdot i_{\theta 1} + \frac{di_{\theta 1}}{d\varphi_b} \cdot i_{c\theta} \right) = \omega_1^2 \cdot i_{\theta 1} \cdot (i'_{cb} \cdot i_{\theta 1} + i'_{\theta 1} \cdot i_{c\theta}), \end{aligned}$$

в которой все параметры уже известны.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Молочко В.И., Данильчик С.С. Кинематика эксцентриковых механизмов с поступательно перемещающимся опорным звеном // 40 лет инженерно-педагогическому образованию Республики Беларусь: Материалы междунар. научно-практ. конф. — Минск: БНТУ, 21-22 октября 2004 г.
2. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. Изд-во «НАУКА». М-1975, 639 с.
3. Шимкович А.А. Механика изд-во «Вышэйшая Школа» мн-1969, 384с.
4. Молочко В.И. О структурных эквивалентах эксцентриковых механизмов с роликовыми толкателями. Машиностроение. Республиканский межведомственный сборник научных трудов. Вып 18. — Мн: УП «Технопринт», 2002. — С. 415–420.

УДК 621.791.042

Петюшик Е.Е.

### ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПРОВОЛОКИ ПРИ РАДИАЛЬНОМ ОБЖАТИИ ТЕЛ НАМОТКИ

*Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Республика Беларусь*

*Investigation results of base elements interaction at radial loading of winding wire bodies are presented. The deformation anomalies expressed in dynamic character observed at static loading of edge chips are revealed.*

Радиальное обжатие проволочных тел намотки (ТН) используется при получении пористых проницаемых изделий со структурой, близкой к регу-

лярной [1]. Такие изделия обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными порошковыми материалами и могут конкурировать с ними по стоимости и эксплуатационным свойствам: способности противостоять значительным механическим нагрузкам (в том числе, знакопеременным), регулярности структуры, малому гидравлическому сопротивлению и др.

Реологическое поведение проволочного тела намотки при его деформировании поддается достаточно точному математическому описанию, основанному на изучении контактных взаимодействий структурообразующих элементов (СОЭ) [1, 2] по двум основным схемам взаимодействия — пластическое изменение локальных контактов и межконтактных зон. При этом принимается, что контактная площадка является плоской, а в межконтактных зонах имеет место изгиб с растяжением проволоки.

Рассмотрим контактную деформацию цилиндров одинакового диаметра (проволок) из одного и того же материала, расположенных в параллельных плоскостях. Угол взаимного расположения цилиндров  $3^\circ < 2\beta \leq 90^\circ$ .

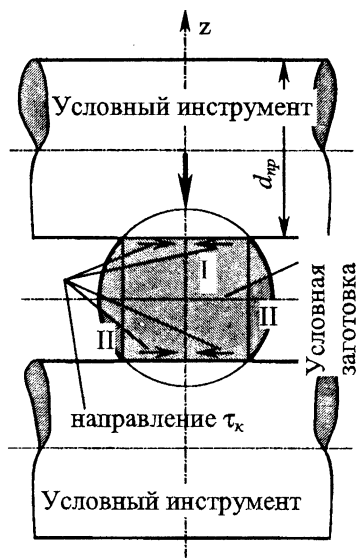


Рис. 1. Схема нагружения контактирующих проволок при  $2\beta=90^\circ$

Взаимодействие контактирующих цилиндров представляет собой сжатие — деформация в направлении активного усилия отрицательна, а две другие — положительны. Увеличение контактной площадки происходит за счет набегания боковой поверхности деформирующихся в одинаковых условиях «условного инструмента» и «условной заготовки» (рис. 1). Поэтому трение

на контактной поверхности в первом приближении можно не учитывать. Тем не менее, схему напряженного состояния нельзя рассматривать как линейную, поскольку имеет место геометрическая неоднородность системы в силу переменного сечения инструмента и заготовки по оси  $z$ . По этой же причине и деформация не может быть однородной.

Условно зону пластического деформирования можно разделить на две области:

I. В общем случае эллиптический цилиндр, поперечное сечение которого определяется видом и размерами контактной поверхности (площадки). При  $2\beta=90^\circ$  цилиндр переходит в круговой.

II. Криволинейный сегмент за пределами контактной площадки, находящийся под воздействием внутренних растягивающих напряжений.

Реальные деформационные процессы радиального прессования тел намотки носят существенно более сложный характер.



*Рис. 2. Вид поверхности деформированного ТН*

Выполненный с помощью программно-аналитического комплекса на основе оптического микроскопа Leica INM100 цикл экспериментальных исследований структуры деформированного ТН позволил выявить ряд необычных эффектов. В частности, установлено, что единственный контакт скрепляющихся проволок может быть плоской площадкой круглой или эллиптической формы в зависимости от угла взаимного расположения проволок только при отсутствии изгиба проволок. Изгиб же проволоки всегда имеет место при деформировании ТН, причем не только в направлении приложения общего деформирующего давления, но и в направлении ему перпендикулярном (рис. 2). В идеальном случае взаимно перпендикулярного расположения проволок пятно контакта имеет форму сферического сегмента, ограниченного кругом (рис. 3 а, б), что соответствует области деформирования I (см. рис.

1)). В общем случае поверхность взаимодействия существенно более сложная (рис. 3 в, з). Ее проекция на плоскость, нормальную к приложению деформирующего давления, представляет собой эллипс.

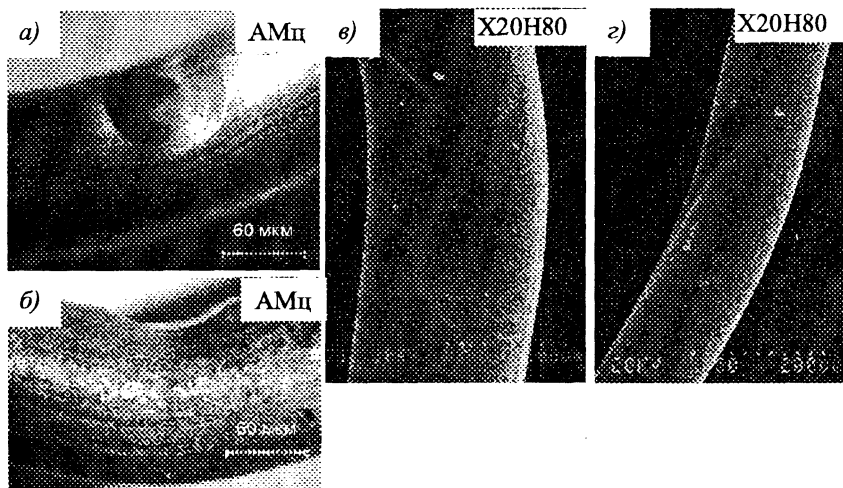


Рис. 3. Вид контактных пятен деформированных в ТН проволоки

Эти результаты позволяют утверждать, что принятые в работе [2] допущения в модели деформирования ТН оправданы только с точки зрения упрощенных инженерных расчетов процесса. В работе [3] при исследовании зависимости плотности пакета металлических сеток от давления прессования реальные контактные деформации не рассматриваются вообще. В таких вариантах анализа процесса деформирования проволочных структур используются заведомо упрощенные подходы, что с увеличением уровня давления обжатия и уменьшения времени протекания этого процесса, а также в случае использования малопластичных материалов, вносит искажение в реальное понимание механизмов формирования пористого тела. В частности, этим ограничивается возможность количественной оценки условий формирования каркасных и структурных свойств материала.

Условия деформирования проволоки при обжатии ТН, кроме контактного сжатия, включают и деформации изгиба, растяжения (сжатия), кручения. В зависимости от физико-механических свойств материала проволоки в окрестностях контактной зоны возможны различные реакции материала проволоки на прикладываемые нагрузки. Удалось впервые показать, что с повышением твердости материала и концентрации легирующих элементов в исходном проволочном материале происходит аномальная реакция проволоки на приклады-

ваемую нагрузку. В стали 12X18H10 возникают трещины, источником которых служит пятно контакта (рис. 4). В более жестких материалах (нихром, 65Г) реализуются отколы и формирование вдоль цилиндра системы откольных «усов». Поперечный размер «усов» на 1-2 порядка меньше исходного диаметра проволоки, а длина превышает этот диаметр в разы (рис. 5, а).



Рис. 4. Развитие трещины в деформированной проволоке

Образование трещин (рис. 4) и системы каркасных волоконных структур из откольных элементов («усов», рис. 5) позволяют предполагать наличие в статическом процессе деформирования ТН флуктуаций полей давлений и динамический характер формирования внутреннего каркаса на микроуровне. Откольные процессы хорошо изучены для скоростей соударений тел свыше 200 м/с и их проявление в известном процессе изостатического пресования ТН является явной аномалией. Период образования «усов» может соответствовать предельным напряжениям в материале как в процессе радиального обжатия ТН, так и в момент разгрузки образца.

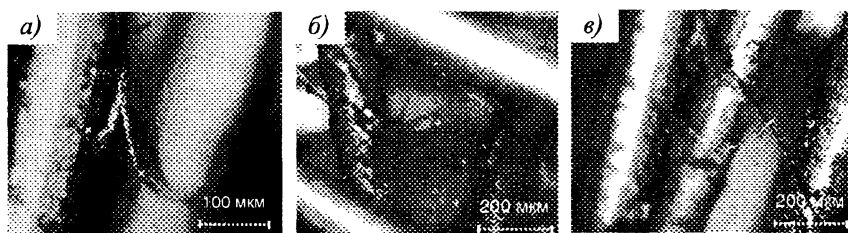


Рис. 5. Фрагменты аномальных деформаций проволоки (65Г)

Изложенное является предпосылкой для постановки задач по изучению диапазона условий появления отколов, влияния откольных элементов («усов») на структурные и каркасные свойства обжатых радиально ТН и других проволоочных структур, возможностей технологического управления этими свойствами. Исследования в этой области представляются перспективными для

последующего создания новых проницаемых и композиционных материалов с уникальными свойствами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Петюшик Е.Е., Реут О.П., Якубовский А.Ч. Основы деформирования проволочных тел намотки.— Мн.: УП «Технопринт», 2003. — 218 с.

2. Петюшик Е.Е. Построение модели деформирования тел намотки из непрерывного металлического волокна // Прогрессивные технологии обработки материалов давлением: Материалы междунар. научно-техн. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. ак. АН БССР В.П.Северденко / Под общ. ред. А.В. Степаненко. — Мн.: УП «Технопринт», БНТУ, 2004. — С. 245-249.

3. Особенности уплотнения вязаных металлических сеток / В.М. Александров, В.К. Шелег, В.В. Мазюк, Ю.Е. Дроздова // Там же. — С. 237-244.

УДК 621.762.4

Петюшик Е.Е., Азаров С.М.\*, Дробыш А.А.

### ШИХТА НА ОСНОВЕ ПРИРОДНОГО КВАРЦА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СПЕЧЕННЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Белорусский национальный технический университет,  
\*Институт общей и неорганической химии НАН Б,  
Минск, Республика Беларусь*

*Working mass based on natural quartz with additions of meal, enamel and may be liquid glass. Solid can be produced by isostatic pressing in conditions of radial loading. Product is produced by following sintering of solid. Component proportion of working mass is discussed.*

Работа фильтрующих изделий основана на способности их материалов (пористых проницаемых) пропускать через себя жидкости и газы. Структура таких материалов образуется дискретными элементами, имеющими (либо не имеющими) механические связи в местах взаимного контакта, и, в общем случае, предполагает наличие системы произвольных каналов (пор). Диапазон фильтрующих материалов чрезвычайно широк: это и исторически первые сыпучие природные материалы (песок, торф и т.п.), и ставшие уже традиционными материалы на основе натуральных химических и минеральных волокон, и пористые материалы, состоящие из частиц порошка на основе металлов и их сплавов, керамики, композиционные материалы из волокон и порошков.