

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ

УДК 669.1.002.5-192

Огарков Н.Н., Тулупов О.Н., Корчунов А.Г., Шеметова Е.С.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ ВОЛОКИ ПРИ ПРОТЯГИВАНИИ ЗАГОТОВКИ В ОЧАГЕ ДЕФОРМАЦИИ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

Представленная статья содержит материалы по получению теоретической зависимости, позволяющей оценить увеличение диаметра и длины контакта инструмента с деформируемым материалом в результате упругой деформации инструмента. Установлено, что чем выше твердость деформируемого материала и меньше модуль упругости материала инструмента, тем больше приращение диаметра и длины контакта за счет упругой деформации контактной поверхности инструмента. Расчеты показывают, что деформация волокна из быстрорежущей стали в 1,6-1,8 раза больше, чем волокна из твердого сплава.

Ключевые слова: очаг деформации, матрица, волокна, гипербола.

Presented article, contains materials on obtaining the theoretical dependence, allowing to estimate increase in diameter and length of contact of the tool with a deformable material as a result of elastic deformation of the tool. It is established that than hardness of a deformable material and less module of elasticity of a material of the tool is higher, subjects are there been more by increment of diameter and length of contact at the expense of elastic deformation of a contact surface of the tool. Calculations show that deformation drag from fast-cutting steel in 1,6-1,8 times more than drag from a firm alloy.

Key words: hearth of deformation, the matrix, fiber, hyperbole.

Существуют различные формы каналов волок: с коническими формами одно- и двухступенчатые, с калибрующим пояском и без калибрующего пояска. Известны также криволинейные рабочие поверхности волок, кривизна которых увязывается, как правило, с линиями тока или возможным кинематическим состоянием деформируемого материала.

В настоящей работе предлагается описывать форму продольного сечения волокна гиперболой [1]

$$y^2 - ctg^2(\beta/2)x^2 = i^2, \quad (1)$$

где β – угол при вершине асимптот гиперболы; i – постоянная гиперболы.

Кривизна гиперболы в различных ее точках является величиной переменной. Наименьший радиус кривизны $R = itg^2(\beta/2)$ имеет вершина гиперболы, поэтому ее можно считать точкой входа поверхности деформируемого материала в очаг деформации. Из схемы взаимодействия инструмента гиперболической формы с поверхностью деформируемого материала (рис. 1) и уравнения (1) имеем:

$$\Delta R = i(\cos \lambda - \sqrt{s});$$

$$h_1 = i \sin \lambda \left[\left(\frac{\cos \lambda}{\sqrt{s}} \right) \left(1 + tg^2 \frac{\beta}{2} \right) + tg^2 \frac{\beta}{2} \right], \quad (2)$$

где ΔR – изменение радиуса стержня при волочении; h_1 – проекция длины дуги контакта деформируемого материала на направление его перемещения.

Схема линий скольжения при взаимодействии инструмента гиперболической формы с протягиваемым материалом представлена на рис. 1.

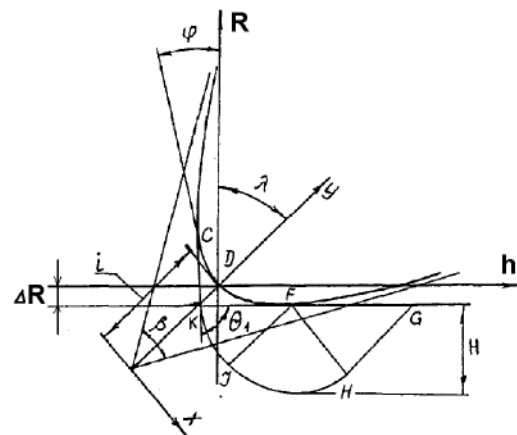


Рис. 1. Схема взаимодействия гиперболического инструмента с деформируемым материалом и поля линии скольжения

Предположим, что трение на контакте инструмента с деформируемым материалом подчиняется закону

$$t_n = \mu \tau_s, \quad (3)$$

где μ – коэффициент, характеризующий трение на контактной поверхности; τ_s – предел прочности деформируемого материала на сдвиг.

Для касательного напряжения на линии контакта имеем

$$\tau_n = \tau_s \cos 2(\Theta - \Psi), \quad (4)$$

где Θ и Ψ – соответственно углы, составляемые характеристиками второго семейства и нормальными напряжениями с направлением перемещения деформируемого материала.

С учетом равенства $\tau_n = -\tau_n$ и в зависимости от условий трения на контакте угол наклона линий скольжения составит

$$\Theta_1 = \pi / 2 - \Psi_1 + \arcsin \sqrt{(1 + \mu) / 2}. \quad (5)$$

При наличии застойной зоны должно выполняться условие перпендикулярности линий скольжения, ограничивающих застойную зону.

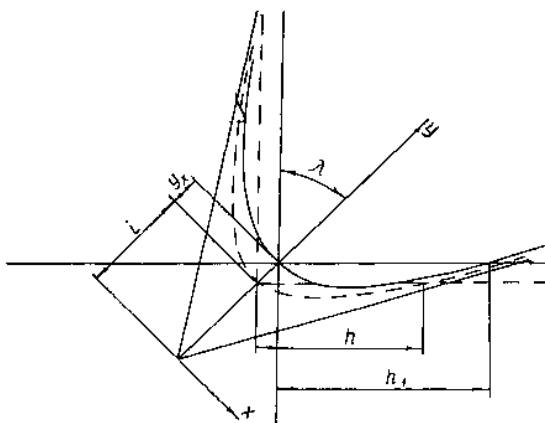


Рис. 2. Схема упругой деформации инструмента

Согласно граничным условиям и принятой схеме деформации уравнение (5) удовлетворяет всегда, если границы застойной зоны стянуты в точку D, в которой $\psi'_1 = \pi / 2 - \lambda$ для $\mu = 0$.

Полученное уравнение (5) не учитывает упругой деформации инструмента в зоне контакта с поверхностью деформируемого материала. Если учитывать изменение формы волокна в результате упругой деформации под действием контактных напряжений (рис. 2), то уравнение деформированной контактной поверхности запишется в виде

$$y = \sqrt{i^2 + x^2 \operatorname{ctg}^2(\beta / 2)} + y_x, \quad (6)$$

где y_x – деформация инструмента в направлении оси y .

Учитывая, что в точке $x = x_1$ обрабатываемый материал покидает очаг деформации по касательной к деформированной контактной поверхности, имеем

$$\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg} \lambda, \quad (7)$$

где $\lambda = \beta / 2 + x$ – угол наклона оси x к поверхности резания.

Из условия (7) следует

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\operatorname{ctg}(\beta / 2)}{\sqrt{i^2 / x^2 + \operatorname{ctg}^2(\beta / 2)}} - \operatorname{tg} \lambda. \quad (8)$$

Интегрированием уравнения устанавливаем закономерность деформации инструмента

$$y_x = -\sqrt{i^2 + x^2 \operatorname{ctg}^2(\beta / 2)} - \operatorname{ctg} \lambda + c. \quad (9)$$

Постоянную интегрирования определим из условия равенства нулю деформации в точке выхода инструмента из контакта с обрабатываемым материалом

$$c = \sqrt{i^2 + x_1^2 \operatorname{ctg}^2(\beta / 2)} + \operatorname{ctg} \lambda. \quad (10)$$

Принимая профиль деформированного инструмента в виде гиперболы с постоянной i_1 , запишем:

$$i_1 - i = |y_x|_x = 0. \quad (11)$$

Следовательно, соотношение между постоянными гиперболы i и i_1 запишем в виде

$$i_1 = \sqrt{i^2 + x_1^2 \operatorname{ctg}^2(\beta / 2)} + x_1 \operatorname{tg} \lambda. \quad (12)$$

Абсциссу x_1 деформированной контактной поверхности инструмента оценим исходя из известной задачи Герца об упругом сжатии цилиндра, взаимодействующего с несжимаемой плоскостью. Ширина поверхности упругого контакта по формуле Герца равна [1]

$$2x'_1 = 4\sqrt{qGR},$$

где q – удельное давление на единицу длины цилиндра; G – коэффициент упругости материала цилиндра,

$$G = \frac{1 - \nu^2}{\pi E_1};$$

ν – коэффициент Пуассона; E_1 – модуль упругости материала цилиндра; R – радиус цилиндра.

Если заменить эллиптическую эпиюру контактных удельных давлений сжатия равновеликой прямоугольной эпиюрой, то среднее удельное давление можно выразить через твердость

$$q = 2x'_1 \text{HB}, \quad (14)$$

где HB – твердость деформируемого материала по Бринеллю.

Радиус кривизны гиперболы в различных ее точках является величиной переменной и определяется выражением

$$R = \frac{(1 + y')^{3/2}}{y''}. \quad (15)$$

Дифференцируем уравнение (1), и подставляя в (15), получим

$$R = (1/i^2) \operatorname{ctg}(\beta / 2) \left[(1 + \operatorname{tg}^2(\beta / 2)) y^2 - i^2 \right]^{3/2}. \quad (16)$$

Считая, что радиус кривизны цилиндра в задаче о его упругом сжатии равен радиусу кривизны гиперболы в точке, где деформируемый материал покидает очаг деформации, имеем

$$R = i \operatorname{ctg}(\beta / 2) \left[\frac{1 + \operatorname{tg}^2(\beta / 2)}{1 - \operatorname{tg}^2(\beta / 2) \operatorname{tg} \lambda} - 1 \right]^{3/2}. \quad (17)$$

С учетом уравнений (14) и (17) уравнение (13) преобразуется к виду:

$$x_1 = 8\text{нв}Gi \operatorname{ctg}(\beta/2) \left[\frac{1 + \operatorname{tg}^2(\beta/2)}{1 - \operatorname{tg}^2(\beta/2)\operatorname{tg}\lambda} - 1 \right]^{3/2}. \quad (18)$$

Из рис. 1, 2 и уравнения гиперболы получаются следующие зависимости между размером длины контактной недеформированной поверхности h и параметром i и между размером длины контактной деформированной поверхности инструмента и параметром i_1 :

$$h = \frac{2i \sin\lambda}{\cos^2\lambda \operatorname{ctg}^2(\beta/2) - \sin^2\lambda}; \quad (19)$$

$$h = \frac{2i_1 \sin\lambda}{\cos^2\lambda \operatorname{ctg}^2(\beta/2) - \sin^2\lambda}. \quad (20)$$

Решая совместно уравнения (12), (18) и (20), получим

$$h_1 = h \left[\sqrt{1 + (\text{нв}GR/i)^2} + \text{нв}G(R/i)\operatorname{tg}\lambda \right]. \quad (21)$$

Здесь величина R определяется по формуле (17).

Таким образом, уравнение (21) позволяет оценить увеличение контакта инструмента с деформируемым материалом в результате упругой деформации инструмента. Чем выше твердость деформируемого материала и меньше модуль упругости материала инструмента, тем больше приращение длины контакта за счет упругой деформации контактной поверхности инструмента. Исследования показывают, что деформация волокна из быстрорежущей стали в 1,6-1,8 раза больше, чем волокна из твердого сплава.

Полученные результаты рекомендуется использовать при проектировании технологических процессов волочения, редуцирования выглаживания, протягивания деформированием и других технологических процессов с учетом изменения размеров контактных поверхностей вследствие упругой деформации инструмента.

Список литературы

1. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике: пер с англ. Изд. 4-е. М.: Наука, 1977. 832 с.
2. Демидов С.П. Теория упругости. М.: Высш. шк., 1978. 427 с.

Bibliography

1. Korn G., Korn T. Handbook of mathematics. Izd. 4-e. M.: Nauka, 1977. 832 p.
2. Demidov S.P. Elasticity theory. M.: High school, 1978. 427 p.

УДК 621.735.32: 621.7.043

Мезин И.Ю., Майстренко В.В., Гун Г.С., Латыпов Р.Т.

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК ПРИ ХОЛОДНОЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКЕ НАКОНЕЧНИКОВ ТОРМОЗНЫХ ШЛАНГОВ

С использованием компьютерного моделирования осуществлен анализ процесса формообразования стальных заготовок при изготовлении наконечников тормозных шлангов по различным схемам холодной объемной штамповки. Выявлены закономерности и условия формирования дефекта «складка» в стенке тонкостенного стакана. Установлены наиболее предпочтительные переходы холодной объемной штамповки для осуществления серийного производства рассматриваемых изделий.

Ключевые слова: холодная объемная штамповка, наконечники тормозных шлангов, компьютерное моделирование, заготовка, деформирование, напряжение.

With using computer simulation the analysis of process of shaping steel billet during making tip brake hoses using different schemes of cold forging was done. Regularity and conditions of formation of defect "fold" in the wall of thin-walled barrel were discovered. The most preferable transitions of cold forging for realization of repetition work of the considered manufacture were determined.

Key words: Cold forging, brake hoses' nozzles, computer simulations, workpiece, deforming, strain.

В настоящее время в ОАО «Белебеевский завод «Автономаль» освоено производство наконечников тормозных шлангов легковых автомобилей методом холодной объемной штамповки (ХОШ). По новой технологии корпуса наконечников изготавливаются из материала сталь 10Ю на шестипозиционном холодновысадочном автомате Nedform модели NH 615 фирмы NEDSCHROEF HERENTALS N.V. (Бельгия) с производительностью 120 изделий в минуту. Сталь 10Ю обладает лучшими пластическими свойствами, чем автоматная сталь АС14, обеспечивая при монтаже тормозного шланга более плотное прилегание к опорной поверхности и герметичность соединения [1].

Анализ существующей в условиях завода технологии производства наконечников тормозных шлангов

выявил ряд ее недостатков, приводящих к образованию дефектов в виде складок и трещин на боковой поверхности изделия. Такие дефекты, образующиеся при формообразовании, недопустимы для деталей тормозных систем автомобилей. По результатам выполненного анализа осуществлено совершенствование технологии и в первую очередь операции холодной объемной штамповки заготовок. Усовершенствованная технологическая схема переходов ХОШ представлена на рис. 1 [2].

Суть предложенного усовершенствования сводилась к изменению геометрических параметров промежуточных заготовок на втором и третьем переходах ХОШ. Измененные параметры (см. рис. 1) обозначены окружностями на 2 и 3 переходах, а место образования складки – на 4 и 5 переходах.