203404400 002 9580503060607 04006076036 550640960 ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Մեխանիկա

XXXIX, № 5, 1986

Механика

УДК 539.374

ВНЕДРЕНИЕ ЖЕСТКОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ТЕЛА В ПЛАСТИЧЕСКИ АНИЗОТРОПНУЮ ТРУБУ

АКОПЯН А. Г. ЗАДОЯН М. А.

Рассматривается соосное внедрение жесткого цилиндрического тела в анизотропную, пдеально-жестко-пластическую трубу, материал которого подчиняется соотношениям Мизеса-Хилла [1]. Подобная картина пластического деформирования встречается при клинопрессовой сварке разнородных труб [2]. Технологическая схема такого рода сварки представляет собой предварительный нагрев и соосное впрессовывание трубы из более твердого материала с монотонно возрастающим по оси внешним днаметром в трубу из более мягкого материала, помещенную в плотную педеформируемую вилиндрическую прессформу. Процесс соединения материалов происходит в твердой фазе, причем физический контакт образуется за ечет пластической деформации более мягкого материала, вызывающей пластические леформации в приповерхностном весьма тонком слое грубы из более твердого материала. Заметных объемных формонзменений этой трубы в процессе впрессовывания не наблюдается.

Пластическое состояние нилиндрически анизотропного материала рассмотрено в работе [3]. В работах [4—9] изучено пластическое состояние анизотропной цилиндрической трубы, подверженной внутреннему давлению [4], внутрениему и внешенему давлением [5], закрепленной по краям и нагруженной внутренним давлением [6], с открытыми и закрытыми концами под внутренним давлением [6], с открытыми и закрытыми концами под внутренним давлением [7], под действнем внутреннего давления и оссвой силы [8], находящейся под совместным действием внутреннего давления, оссвой силы и крутящего момента [9]. Задача о внедрении жестього цилиндрического тела в идеально иластическую изотропную трубу рассмотрена в работе [10].

В отличие от перечисленных работ, в решении, рассматриваемом в настоящей работе, тензор скоростей деформаций является функцией от радиальной и продольной координат.

1. Основные уравнения задачи. Общие соотношения теории анизотрояного идеального жестко-пластического течения в цилиндрических координатах в обычных обозначениях имеют вид:

дифференциальные уравнения равновесия

$$\frac{\partial_{-r}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial_{-r}}{\partial \theta} + \frac{\partial_{-r}}{\partial z} + \frac{\tau}{r} = 0, \quad \frac{\partial_{-r}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial_{-r}}{\partial \theta} + \frac{\partial_{-r}}{\partial z} + \frac{2\tau_{r}}{r} = 0$$

$$\frac{\partial z_{r\theta}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial z_{\theta z}}{\partial \theta} + \frac{\partial z_{z}}{\partial z} + \frac{z_{r\theta}}{r} = 0$$
(1.1)

условие текучести Мизеса-Хилла

$$F_0(\sigma_0 - \sigma_z)^2 + G_0(\sigma_z - \sigma_z)^2 + H_0(\sigma_z - \sigma_0)^2 + L_0 \tau_{0z}^2 + M_0 \tau_{zz}^2 + N_0 \tau_{zz}^2 = 1$$
(1.2)

зависимости между компонентами текзора скоростей деформаций, скоростей перемещения в напряжений

$$\varepsilon_{r} = \frac{\partial u}{\partial r} = \Omega [H_{0}(\sigma_{r} - \sigma_{0}) + G_{0}(\sigma_{r} - \sigma_{2})], \quad \varepsilon_{0} = \frac{u}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \theta} = \Omega [F_{0}(\sigma_{0} - \sigma_{2}) + H_{0}(\sigma_{0} - \sigma_{r})], \quad \varepsilon_{z} = \frac{\partial w}{\partial z} = \Omega [F_{0}(\sigma_{z} - \sigma_{0}) + G_{0}(\sigma_{z} - \sigma_{r})]$$

$$2\gamma_{r0} = \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial \theta} = N_{0}\gamma_{r0}\Omega, \quad 2\gamma_{0z} = \frac{\partial w}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial \theta} = L_{0}\gamma_{0z}\Omega$$

$$2\gamma_{rz} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial r} = M_{0}\gamma_{r2}\Omega$$
(1.3)

Компоненты напряжений удобно представить в виде

$$\sigma_{\theta} = \sigma_{r} - \frac{1}{\Omega} \left[(F + G) z_{r} + G z_{z} \right], \quad \sigma_{z} = \sigma_{r} - \frac{1}{\Omega} \left(F z_{r} - H z_{z} \right)$$
$$\tau_{r\theta} - \frac{2N}{\Omega} \gamma_{r\theta}, \quad \tau_{\theta z} = \frac{2L}{\Omega} \gamma_{\theta z}, \quad \tau_{\theta z} = \frac{2M}{\Omega} \gamma_{rz} \qquad (1,4)$$

$$\Omega = \sqrt{(F+G)\varepsilon_r^2 + 2G\varepsilon_r\varepsilon_z + (G+H)\varepsilon_z^2 + 4L\gamma_{\theta_z}^2 + 4M\gamma_{r_z}^2 + 4N\gamma_{r_\theta}^2}$$

где

$$F = \frac{F_0}{\Delta}, \quad G = \frac{G_0}{\Delta}, \quad H = \frac{H_0}{\Delta}, \quad L = L_0^{-1}, \quad M = M_0^{-1}, \quad N = N_1^{-1}$$
$$\Delta = F_0 G_0 + G_0 H_0 + H_0 F_0$$

Скорости перемещений и компоненты напряжений можно выразить через неизвестную функцию f(r):

$$\sigma_{\theta} = \sigma_r - \varkappa \omega \left(Ff' - G \frac{f}{r} \right), \quad \sigma_z = \sigma_r - \varkappa \omega \left[(F+H)f' + H \frac{f}{r} \right]$$

$$\sigma_r = -2A - 2Bz - \varkappa \int \left(Ff' - G \frac{f}{r} \right) \frac{\omega}{r} dr, \quad \tau_{rs} = Br + \frac{C}{r}, \quad \varkappa = \operatorname{sign}, \quad \tau_{r\delta} = \tau_{\delta z} = 0$$

$$(1.5)$$

$$u = \lambda f(r)e^{rx}, \quad w = -\frac{1}{r}(rf)'e^{\lambda x} + D, \quad v = 0$$
(1.6)

где л. а-заданные постоянные. А. В. С. D-произвольные постоянные.

Приведенные выражения напряжений (1.5) и скоростей перемещений (1.6) будут решениями системы уравнений (1.1) (1.3), если функция f(r) удовлетворяет следующему обыкновенному лифференциальному уравнению:

$$f'' + \frac{1}{r}f' - \frac{1 + \lambda^2 r^2}{r^4} f + \frac{\lambda M_0^{-2}}{r^4 1 - M_0^{-2}} \int (F + H)f^{-2} + 2H \frac{f'f}{r} + (G + H)\frac{f^2}{r^2} = 0$$
(1.7)

Полученное уравнение кроме двух слонх содержит еще две произвольные постоянные, вхолящие в функцию с. Характер течения пластической массы на граничных поверхностях тела определяет краевые условия для этого уравнения, в из условий, накладываемых на указанное касательное напряжение на этих поверхностях, находятся произвольные постоянные, содержащиеся ь этом выражении. Гидростатическая постоянная А определяется из условия равновесия тела в продольном направлении.

Будем отличать инутреннее и внешнее инедрение в зависимости от 10го, впрессовывается ли жесткий элемент с внутренней или с внешней стороны по отношению к элементу из более мягкого материала.

2. Внутреннее внедрение. Пусть в абсолютно жесткой цилиндрическон прессформе плотно помещена цилиндрическая труба из анизотропного идеального жеско-пластического материала с внутренним и внешним раднусами a и b, соответственно, а в нее соосно впрессовывается цилиндрическая труба и значительно более твердого материала с переменным внешним ради сом $R(z) = a + u \exp(iz/b)$, где и u_1 -задянные положительные постоянные (фиг. 1). Материал этой трубы считаем недеформируемым.

Цилиндрическую координатную систему закрепляем с жесткой трубой так, чтобы плоскость z=0 прошла через входное торцевос сечение, а положительное направление оси z—ло оси труб против направления движения. Считаем, что материал деформируемой трубы по всей толщине в области z>0 переходит в чисто пластическое состояние, а торец z=l этой грубы считаем свободным от внешних сил.

Введем обозначения: $u_0 = u_1/b$, $y_0 = a b$, бозразмерные координаты p = r/b, z = b и функции

где

$$f(r) = b^2 f_*(\rho), \quad R(z) = b R_*(z)$$

 $R_*(z) = v_0 + v u_0 \exp(vz)$

После преобразования формул (1.5), отпуская в дальнейшем знак •, для компонентов напряжений получим

$$\sigma_r = -2A - 2B = -\int_{\rho_0}^{\rho_0} \left(Ff' - G\frac{f}{\rho}\right) \frac{\omega}{\rho} d\rho, \quad \sigma_0 = \sigma_r - \left(Ff' - G\frac{f}{\rho}\right) \omega$$



$$t_{\theta} = v_{\theta} - \left| (F+H)f' + H \frac{f}{\theta} \right| =$$

$$t_{tx} = B \theta + \frac{C}{\theta}, \quad t_{\theta x} = v_{t\theta} = 0 \quad (2.1)$$

$$\frac{1-1}{\sqrt{(F+H)f'^{2}+2/f\frac{f'f}{p}+(G+H)\frac{f^{2}}{p}}}$$

Компоненты скоростей перемещений в новых обозначениях будут

$$u = vf(\phi) \exp(v\xi)$$
$$w = -\frac{1}{2}(\gamma f)' \exp(v\xi) + D, \ v = 0 \quad (2.2)$$

Здесь и в дальнейшем скорости перемещений отнесены к b.

Дифференциальное уравнение (1.7) в новых переменных перепишется в виде

$$f'' + \frac{1}{p}f' - \frac{1 + \sqrt{p^2}}{p^2}f + \frac{1 + \sqrt{p^2}}{\sqrt{1 - M_0 \tau_{p_0}}} \sqrt{(F + H)f'^2 + 2H \frac{f'f}{2} + (O + H)\frac{f^2}{p^2}} = 0$$
(2.3)

Исхоля из допущения о нелеформпруемости вдавливаемой трубы и прессформы, а также принимая за пормальную скорость перемещения на поверхности g = R(z) радиальную скорость перемещения $u(g_0, z)$, для функции f(g) будем иметь граничные условия

$$f(g_0) = u_0 V_0 = u_{**} \quad f(1) = 0 \tag{2.4}$$

гле V_о-скорость внедрения.

Принимаем, что степени шероховатости в продольном направлении на внутренних и внешних поверхностях заданы и равны соответственно *m*₁ и *m*₂, причем *m*₁>0. Используя эти граничиже условия, находим

$$B = \frac{m_2 - \rho_0 m_1}{1 - \rho_0^2}, \quad C = \frac{m_1 - \rho_0 m_2}{1 - \rho_0^2} \rho_0 \tag{2.5}$$

Торец леформируемой трубы с свободен от нормаль-

ных сил, следовательно

$$\int_{t_0}^{t} \sigma_s(\rho, \tilde{\epsilon}_0) \rho d\rho = 0$$
(2.6)

Подставляя сюда из (2.1) и производя интегрирование по частям в полученном двухкратном интеграле, найдем

$$A = -B\xi_{0} - \frac{1}{2(1-g_{0}^{2})} \int_{p_{0}} \left[\left[2H + F\left(1 + \frac{1}{g^{2}}\right) \right] f' + \left[2H + G\left(1 - \frac{1}{g^{2}}\right) \right] \frac{f}{g} \right] \exp dg$$

$$(2.7)$$

Используя выражения компонентов скоростей перемещений, легко проверить, что условие сохранения количества масс

$$p_0 \int_{0}^{t_0} u(p_0, z) dz = \int_{0}^{1} |w(p, z_0) - w(p, 0)| z dp$$
(2.8)

выполняется тождественно.

Из условия равновесия элемента на контактной поверхности трубы := R(1) (фиг. 2) для абсолютного значения давления по оси имеем

$$p(z) = -\tau_{r}(z_{1}, z_{2})\cos\alpha + \tau_{r2}(\rho_{a})\sin\alpha \qquad (2.9)$$

причем

$$\sin \alpha = \frac{1}{\sqrt[4]{1 + R'^2}}, \quad \cos \alpha = \frac{R'}{\sqrt{1 + R'^2}}$$

Суммарная осевая сила, приходящаяся на эту поверхность, го есть сила впрессовывания, будет

$$P = 2\pi b^2 \int_0^1 R(\xi) \sqrt{1 + R'^2(\xi)} \rho(\xi) d\xi$$
 (2.10)

Подставляя выражетия для R(с) и р(с) и производя интегрирование, находим

$$P'=b^{2} = 2\wp_{0}\tilde{\epsilon}_{0}m_{1} + 2u_{0}(\exp(v\epsilon_{0})-1)(m_{1}+v_{0}S) + v^{2}u_{0}S(\exp(2v\epsilon_{0})-1) + 4B\wp_{0}u_{0}[1+\exp(v\epsilon_{0}) \times (v\epsilon_{0}-1)] + B_{v}u_{0}^{2}[1+\exp(2v\epsilon_{0})(2v\epsilon_{0}-1)] - (2.11)$$

$$P'=b^{2} = 2\wp_{0}\tilde{\epsilon}_{0}m_{1} + 2u_{0}(\exp(v\epsilon_{0})-1)(m_{1}+v_{0}S) + v^{2}u_{0}S(\exp(2v\epsilon_{0})-1) + 4B\wp_{0}u_{0}[1+\exp(v\epsilon_{0}) \times (v\epsilon_{0}-1)] + B_{v}u_{0}^{2}[1+\exp(2v\epsilon_{0})(2v\epsilon_{0}-1)] - (2.11)$$

$$PHY = M S = Q - 2B\tilde{\epsilon}_{0}, \quad rge$$

$$Q = -\frac{1}{1-\rho_{0}^{2}}\int_{r_{0}}^{1} \left\{ \left| 2H + F\left(1+\frac{1}{\rho^{2}}\right) \right| f' + \frac{1}{1-\rho_{0}^{2}} \int_{r_{0}}^{1} \left\{ \left| 2H + F\left(1+\frac{1}{\rho^{2}}\right) \right| f' + \frac{1}{1-\rho_{0}^{2}} \int_{r_{0}}^{1} \left\{ 2H + G\left(1-\frac{1}{\rho^{2}}\right) \right\} \exp(d\rho + \frac{1}{\rho^{2}}) \left\{ \frac{1}{\rho^{2}} + \frac{1}{\rho^{2}} \right\}$$

Фиг. 2

$$-\left[(F+H)f'(\varphi_0) + H\frac{\mu_0}{\varphi_0}\right]\omega(\varphi_0)$$
(2.12)

Разлагая в степенной ряд экспоненциальные функции, входящие в (2.11), и ограничиваясь первыми двумя членами, получим

$$P = 2\pi b^2 \epsilon_0 (e_0 + u_0) (m_1 - v^2 u_0 Q)$$
(2.13)

Получено численное решение дифферсициального уравнения (2.3) с краевыми условиями (2.4) при следующих значениях нараметров: $v = 0.2; \quad := 0, \quad :_0 = 8; \quad V_0 = 1; \quad u_0 = 0.25; \quad :_0 = 0.5; \quad = 1; \quad m_1 = 1;$ $m_2 = 0.2; \quad F \quad M = 3; \quad G/M = 2, \quad H \quad M = 1.5.$ Па основании численных расчетов, выполненных на ЭВМ ЕС-1022 по формулам (2.1), (2.13), на фиг. 3 построены графики напряжений и силы впрессовывания. Для сравнения пунктирной линией показан график силы впрессовывания. Для изотропной трубы. Как видно из графика, анизотропия существенно влияет на всличнку силы впрессовывания.



5. Вчешнее внедрение. Пусть теперь цилиндрическая труба с внутренним и внешним радиусами а и b. соответственно, из анизотропного идеального жестко-пластического материала плотно насажена на недеформирусмую трубу (прессформа), на которую с наружной стороны соосно вирессовывается труба из значительно более тверлого материала с внутренним. монотонно возрастающим по оси трубы, относительным радиусом $R = 1 - va_0 \exp(v_5)$. Материал этой трубы считается абсолютно жесткам, а координатиую систему закреиляем с ним как в случае внутреннего виедрения (фиг. 4). Принимаем, что деформируемая труба по всей толшине при со переходит в чисто пластическое состояние.

Замения в выражениях (2.1) – (2.2) знак функции f(a), для компонентов напряжения получим

$$\begin{aligned} z_r &= -2A - 2B! + \int_{\mathbb{P}^4}^{\mathbb{P}} \left(Ff' - G\frac{f}{p} \right) \frac{\omega}{p} dp, \quad z_\theta = z_r + \left(Ff' - G\frac{f}{p} \right) \omega \\ \sigma_z &= \sigma_r + \left| (F + H)f' + H\frac{f}{p} \right| \omega, \quad z_{rz} = B\rho + \frac{C}{p}, \quad z_{r\theta} = z_{2\theta} = 0 \end{aligned} (3.1) \\ \omega &= \frac{\sqrt{1 - M_0 \tau_{rz}^2}}{\sqrt{(F - f')f'^2 + 2H\frac{f'f}{p} - \tau} \cdot (G + H)\frac{f^2}{p^2}} \end{aligned}$$

Соответственно для компонентов скоростей перемещений (в долям b) будем иметь

$$u = -vf(v) \exp(vz), \quad w = \frac{1}{p} (pf)' \exp(vz) + D, \quad v = 0$$
(3.2)

Дифференциальное уравнение (2.3) примет вид

$$f'' + \frac{1}{p}f' - \frac{1 + \partial p^{2}}{p^{2}}f - \frac{v \tau_{0p}M_{0}}{p' 1 - M_{0}\tau_{0}^{2}} \sqrt{(P+H)f'' + 2H\frac{f'f}{p} + (G+H)\frac{f'^{2}}{p^{2}}} = 0$$
(3.3)

Исходя на допущений о недсформируемости вдавливаемой трубы и прессформы, а также на того, что нормальная скорость перемещения на поверхности $\rho = R(z)$ заменяется радиальной u(1, z), для функции $f(\rho)$ находим граничные условия

$$f(v_0) = 0, \quad f(1) = u_0 V_0 = u_u \tag{3.4}$$

Гранциные значения тла на внутренней и на внешней поверхностях считаем известными, соответственно, $-m_1$ и $-m_2$, где $m_i > 0$. Используя эти гранциные условия, находим

$$B = \frac{p_0 m_1 - m_2}{1 - 1} \quad C = \frac{p_0 m_2 - m_1}{1 - p_1} \quad (3.5)$$

Из статического условия (2.6) определяем

$$A = -B\xi_{0} + \frac{1}{2(1-p_{0}^{2})} \int_{p_{0}}^{A} \left\{ \left[2H + F\left(1+\frac{1}{p^{2}}\right) \right] f' + \left[2H + G\left(1-\frac{1}{p^{2}}\right) \right] \frac{f}{p} \right\} w p dp$$
(3.6)

$$p(z) = -a_{z}(1, z)\cos z - z$$
 (1)sinz (3.7)

причем





Фнг. 4

Фис. 5

3 Известия АН Армянской ССР. Механика, № 5

Сила впрессовывания определяется по формуле (2.10), где следует положить $R = 1 - u_0 e^{-t}$, а $p(\epsilon)$ —согласно (3.7). После вычисления находим

$$P/\pi b^{2} = 2z_{0}m_{2} - 2u_{0}(\exp(\nu z_{0}) - 1)(\nu S - m_{2}) - \nu^{2}u_{0}^{2}S(\exp(2\nu z_{0}) - 1) + + 4Bu_{0}[1 + \exp(\nu z_{0})(\nu z_{0} - 1)] - B\nu u_{0}^{2}[1 + \exp(2\nu z_{0})(2\nu z_{0} - 1)]$$
(3.8)

где S = Q - 2Bio, причем

$$Q = \frac{1}{1 - \rho_0^2} \int \left\{ \left[2H + F\left(1 + \frac{1}{\rho^2}\right) \middle| f' + \left[2H + G\left(1 - \frac{1}{\rho^2}\right) \right] \right\} w_i^* d\rho - \int_{\rho_0}^{1} \left(Ff' - G\frac{f}{\rho} \right) \frac{1}{\rho} d\rho - \left[(F + H)f'(1) + Hu_0 \right] w(1) \right]$$

Разлагая в стеценной ряд экспоненциальные функции и ограничиваясь первыми днумя членами, получаем

$$P = 2^{-\nu} (1 - \nu u_0)(m_2 + \nu^2 u_0 Q) \tag{3.9}$$

Численное решение дифференциального уравнения (3.3) с граничными условиями (3.4) получено при следующих значениях нараметров: $v=0, 2; \ \xi=0; \ \xi_0=8; \ V_0=1; \ u_0=0.20; \ \rho_0=0.5; \ \rho=1; \ m_1=0.2; \ m=1; \ F/M=0.5; \ G/M=5; \ M=0.8. \ На[*]фиг. 6 показаны результаты чис$ ленных расчетов, выполненных по формулам (3.1). (3.9) для напряжений и силы-впрессовывания. Для сравнения пунктирной линиейпоказан график силы впрессовывания для изотропной трубы. Графиксвидетельствует существенном влияний анизотропни⁴⁴ на величинусилы впрессовывания.



Фнг. 6

4. Сличай цилиндрических слоев. Полученные в предыдущих параграфах результаты можно применять при внедрении разнородных анизотропных цилиндрических слоев.

 Пусть цилинарический слои из анизотропного идеального жесткопластического материала плотно помещен в прессформе, состоящей из недеформируемой цилинарической поверхности r=b, идеально-гладких жестких осевых плоскостей θ = -θ₀ и в него соосно впрессовывается циянидрический слой из значительно более твердого материяла с наружным относительным раднусом $R = p_0 +$ и ограниченным осевыми сечениями $\theta = \pm \theta_0$. Напряженное состояние и поле скоростей перемещений деформируемого слоя опведеляется согласно формулам (2.1) (2.2), а сила впрессовывания будет -P, где P определяется по формуле (2.11) или (2.13).

2. При внешном инедрении полагаем, что цилиндрический слой из мягкого, анизотропного материала помещен и прессформе, которая ограничена нелеформируемой поверхностью жесткими идеально гладкими осеными плоскостями б и в него соосно вдавливается цилиндрический слой из аначительно более твердого материала с внутре иням относительным радиусом $R = 1 - \alpha_0 \exp(\alpha_0)$ и с осеными сечениями $\theta = \theta_0$, формулы изпряжений и скоростей перемещении определяются по (3.1) – (3.2), а сили впрессовывания будет — P, где P дается согласно (3.8) или (3.9).

ԱՆԻՋՈՏՐՈՊ ԽՈՂՈՎԱԿԻ ՄԵՋ ՊԼԱՍՏԻԿՈՐԵՆ ԿՈՇՏ ԳԼԱՆԱՅԻՆ ԾԱՐՄՆԻ ՆԵՐԳՐՈՒՄԸ

Ա. Դ. ՀԱԿՈԲՅԱՆ, Մ. Ա. ՉԱԴՈՏԱՆ

Ամփոփում

Դիտարկվում է կոշտ գլանային մարմնի ներդրումը անկղոտրոպ, իգեալական-կոշտ պլաստիկ իւողովակի մեջ, որի նյութը ենթարկվում է Միզեսի-Հիլլի հոսունության պայմանին։ Լուծման մեջ դեֆորմացիաների արագությունների տենզորը ֆունկցիա է շատա կացին և երկայնական կոորդինատներից։ Ստացված են գլանային անկզոտրոպ խողովակի մեջ առաջացած լարումները և ներդրման ուժը որոշող արտահայտությունները։ Դիտարկված է արտաքին և ներքին ներդրումը, Լուծումը կարելի է օգտագործել տարասեռ անկզոտրոպ գլանային շերտերի ներդրման նամար։ Բերված են Բվային օրինակներ։

THE PENETRATION OF A RIGID CYLINDRICAL BODY IN A PLASTIC ANISOTROPIC PIPE

A. G. HACOBIAN, M. A. ZADOYAN

Summary

The penetration of a rigid cylindrical body in an anisotropic, idealtigid plastic pipe is considered, the material of which obeys the Mises-Hill flow criterion. In the solution the tensor of the speed of strain is a function of radial and longitudinal coordinates. We have obtained relations which determine the stress appearing in a cylindrical anisotropic pipe and the penetration force. Internal and external penetration is considered. The solution may be applied to the penetration of heterogeneous anisotropic cylindrical layers. A numerical example is presented. 35

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Хилл Р. Математическая теория пластичности. М. Гостехиздат, 1956. 407 с.
- Иоршоров М. Х., Колескиченко В. А., Алехин В. П. Каннопрессовая сварка давленнем разнородных металлов. М.: Металлургия, 1982–112 с.
- Матченко И. М., Толоконников О. Л. Некоторые частные решения уравнений осесимметричной задачи теории идеальной пластичности цилиидрически анизотронных материалов. В сб.: Работы по мехличке помпых сред. Туда: ТПИ. 1971, с. 105—112.
- 4. Колмогоров В. Л., Соловей В. Д. К предельной нагрузке анизотропной трубы под внутренним давлением.—Прикл. механика, 1975. т. 11 вып. 7. с. 79—88.
- Betten Josef, Frosch Hans-Georg. Elastisch-plastisches Verhalten dickwandiger Zylinder unter Berücksichtigung dar plastischen Anisotropie und der plastischen Kompressibilität. Forsch. Ingenteurw., 1983, v. 49, Xr 1 p. 112-116.
- Chater E., Neale K. W. Large strain inelistic behaviour of cylindrical tubes. -Internat. J. Solids and Struct., 1983, v. 19, № 8, p. 709-724.
- Sugimoto Masakatsu, Itakura Yoshikiyo, Solto Koichi. Изучение властического поседения труб из анизотронного материала с открытыми и закрытыми концами под внутренним давлением.—Нихон кикан гаккан ромбунсю. Тганз. Jap. Soc. Mech. Engng, 1973, v. 39, № 328, р. 3609—3618.
- Бочарова С. А. Напряженное состояние цилиндра из анизотропного материала под действием внутреннего давления и осевой силы при больших пластических деформациях.—Изв. вузов. Машиностроение. 1971. № 7. с. 5—10.
- 9. Задоян М. А. О некоторых решениях уравшений пластического течения анизотроеной среды.—Ииж. ж. МТТ, 1966, № 2, с. 91—96.
- 10. Задоян М. А. Висдрение жесткого цилиндрического тела в идеально пластическую трубу.—Изв. АН СССР. МТТ, 1985, № 5, с. 98—108.

Институт механике АН Армянской ССР,

Поступила в редакцию 28.1.1985