

ДАСЛЕДАВАННЕ ФУНКЦЫЯНАВАННЯ ЗМЕННЫХ КРЫВАЛІНЕЙНЫХ ТЭХНАЛАГІЧНЫХ ПЕРАХОДАЎ

Уступ. Дадзеная распрацоўка з'яўляецца працягам даследавання, распачатага ў рабоце [1]. Тэхналагічныя пераходы ў перапрацоўчых агрэгатах служаць для перамяшчэння сыпучага ці вязкага асяроддзя з адной ёмістасці ў іншую. У адрозненне ад работы [1], дзе разглядаюцца пераходы прамавугольнай формы, тут распрацаваная ў [1] метадыка пашыраецца на даследаванне прадукцыйнасці крывалінейных пераходаў.

Асноўная частка. Канкрэтызацыя задачы. Уявім тэхналагічны агрэгат з двума сумежнымі ёмістасцямі адвольнай формы, раздзеленымі плоскасцю P . Для перамяшчэння рэчыва паміж імі ў плоскасці P утвараецца адтуліна належнай формы — пераход. Калі плошча пераходу падчас работы агрэгата адкрыта цалкам, то пераход будзем называць стацыянарным. Але пераход у вытворчым працэсе можа часткова або цалкам закрывацца (ці адкрывацца) з бесперапынным перамяшчэннем праз яго перапрацоўваемага рэчыва. Тады назавём яго нестацыянарным (зменным). Скорасць перамяшчэння рэчыва праз пераход абазначым літарай V_1 і будзем лічыць яе пастаяннай у часе і па плошчы пераходу. Зменнасць пераходаў дасягаецца пры дапамозе засавак. Ніжэй прыняты іх раўнамерны рух з пастаяннай скорасцю V . Іншыя законы руху засаўкаў разглядаюцца ў рабоце [1]. Працягласць іх руху да поўнага закрыцця адтулін будзем абазначаць літарай t_1 , а адпаведны шлях засавак — літарай l . На мадэлях пераходаў, што паказаны на рысунках 1, 2, засавак прадстаўлены ў выглядзе пласцін 2. У рэальнасці яны могуць мець розныя геаметрычныя формы і выконваюць функцыі рабочых органаў у перапрацоўцы рэчыва, напрыклад, драблення яго фракцый. Такія засаўкі маюць адмысловыя тэхнічныя назвы (валкі, ролікі) і выконваюць бесперапынныя рухі па законах, блізкіх да гарманічных. Наша мэта — вызначыць прапускную здольнасць (ПЗ) пераходу, г. зн. аб'ём рэчыва V , які перамяшчаецца праз яго ў адзінку часу. У якасці эталона для параўнання ПЗ нестацыянарных пераходаў прымаецца ПЗ стацыянарных пераходаў; апошнія вызначаюцца па формуле

$$q = V/t \left(\frac{\text{м}^3}{\text{гадз}} \right), \quad (1)$$

дзе $V = Fv_1 t_1$ (м^3). Тут F (м^2) — плошча пераходу.

Даследаванне кругавога пераходу. Будзем лічыць, што ён знаходзіцца ў гарызантальнай плоскасці P . На рысунку 1, а, паказаны від зверху. Пераход радыуса r абазначаны лічбай 1, засаўка — лічбай 2. Яна рухаецца ўлева (адкрывае пераход) і ў момант часу t знаходзіцца на адлегласці x ад пачатку каардынат O . Адначасова з пачаткам руху засаўкі пачынаецца перамяшчэнне асяроддзя праз адкрываемую частку пераходу. На рысунку 1, б, прадстаўлена эпіюра змянення аб'ёму рэчыва і залежнасці ад часу (працягласці) τ яго перамяшчэння праз адтуліну l . Пры $t = t_1$ і $x = l = 2r$ пераход адкрываецца цалкам. Далей яго ПЗ вылічваецца як пры стацыянарным рэжыме па формуле (1): $q = \pi r^2 v_1 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{гадз}} \right)$. Знойдзем характарыстыку q пры $t_1 \geq t \geq 0$. На рысунку 1, б, відаць, што за час $\tau = t_1 - t$ праз участак адтуліны размерам $dx \times b_x$ перамяшчаецца элементарны аб'ём рэчыва (стоўбчык):

$$dV = b_x dx v_1 \tau \quad (\text{м}^3). \quad (2)$$

З ураўнення акружнасці ў сістэме каардынат Oxy $(x-r)^2 + y^2 = r^2$ знаходзім:

$$b_x = 2y = 2\sqrt{2rx - x^2}.$$

Пры раўнамерным руху ($V = \text{const}$) засаўкі $x = vt$, $dx = vdt$, $b_x = 2\sqrt{2rvt - r^2 t^2}$. Тады паводле формулы (2)

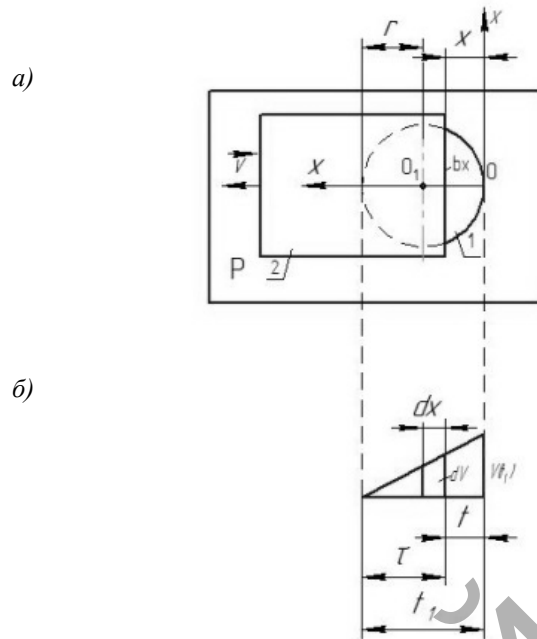
$$dV = c f_k(t) - c' t f_k(t) dt, \quad (3)$$

дзе літарай $f_k(t)$ абазначаны радыкалы для круга: $f_k(t) = \sqrt{2rvt - r^2 t^2}$; $c' = 2vv_1$, $c = c't_1$. Інтэгруруем роўнасць (3). Патрэбныя інтэгралы вызначаем па формулах: $\int f_k(t) dt = \frac{t}{2} \sqrt{2rvt - r^2 t^2} + \frac{r^2}{v} \arctg \sqrt{\frac{vt}{2r-vt}}$;

$$\int t f_k(t) dt = \frac{1}{2v^2} \left[\frac{2v(vt^2 - 2rt)f_k(t)}{3} - r(r-vt)f_k(t) - r^3 \arcsin \left(\frac{r-vt}{r} \right) \right].$$

Далей падстаўляем межы інтэгравання $(0, t_1)$ і ўлічваем, што $vt_1 = 2r$. Атрымліваем:

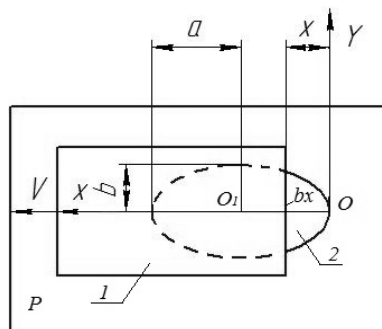
$$V = \int_0^{t_1} dV = \int_0^{t_1} (cf_k(t) - c'tf_k(t))dt = \pi r^2 v_1 t_1 / 2 \text{ (м}^3\text{)}. \text{ Па формуле (1) знаходзім } q = \pi r^2 v_1 / 2 \text{ (м}^3\text{/гадз)}.$$



Рысунак 1 — Мадэль кругавога пераходу (а) і зпора змянення аб'ёму (б)

Даследаванне эліптычнага пераходу. Ён паказаны на рысунку 2. Паўвосі эліпса абазначаем літарамі a, b . Паўтарам выкарыстаную вышэй метадку. Ураўненне эліпса ў восях O_{xy} запісваецца ў выглядзе: $\frac{(x-a)^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$. Адсюль знаходзім шырыню пераходу b_x у сячэнні $x = vt$: $b_x = 2y = 2\frac{b}{a}\sqrt{2avt - v^2t^2}$. Структура формулы (3) не змяняецца. Але ў ёй цяпер радыкалы для эліпса роўны $f_3(t) = \sqrt{2avt - v^2t^2}$, пастаянныя $c' = 2\frac{b}{a}vv_1$; $c = c't_1$. Патрэбныя для вызначэння V інтэгралы знаходзім па формулах: $\int f_3(t)dt = \frac{t}{2}f_3(t) + \frac{a^2}{v} \arctg \sqrt{\frac{vt}{2a-vt}}$; $\int tf_3(t)dt = \frac{1}{2v^2} \left[\frac{2v(vt^2 - 2at)f_3(t)}{3} - a(a - vt)f_3(t) + a^3 \arcsin \left(\frac{a - vt}{a} \right) \right]$. Далей будзем улічваць, што $vt_1 = 2a$. Паводле роўнасці (3), падставіўшы межы інтэгравання $(0, t_1)$, атрымаем: $V = \int_0^{t_1} dV = \pi abv_1 t_1 \text{ (м}^3\text{)}$, адкуль $q = \pi abv_1 / 2 \text{ (м}^3\text{/гадз)}$. Заўважым, што адсюль пры $a = b = r$ атрымліваецца знойдзеная вышэй характарыстыка q для кругавога пераходу.

Звернем увагу на структуру роўнасці (3). Правая яе частка ўяўляе рознасць двух складаемых. Пасля інтэгравання яе можна запісаць у выглядзе: $V = V_1 - V_2$ ці $q = q_1 - q_2$. Велічыня q_1 прадстаўляе тут эталонную характарыстыку пераходу (1), а q_2 — папраўку (змяненне), якая адлюстроўвае ўплыў рухомай засаўкі.



Рысунак 2 — Мадэль эліптычнага пераходу

Заклучэнне. Даследаваны прапускныя ўласцівасці кругавога і эліптычнага пераходаў у нестацыянарным рэжыме функцыянавання. Устаноўлена, што наяўнасць засаўкі, якая рухаецца раўнамерна, прыводзіць да зніжэння прапускной характарыстыкі ў два разы.

Спіс цытаваных крыніц

1. Русан, С. І. Даследаванне прапускной здольнасці тэхналагічных пераходаў са зменнымі параметрамі / С. І. Русан, Л. Л. Сотнік // *Техника и технологии: инновации и качество : материалы V Междунар. науч.-практ. конф.*, 20 дек. 2018 г., г. Барановичи, Респ. Беларусь. — Барановичи : БарГУ, 2018.

УДК 621.9

Н. Н. Черкасов, Е. А. Веремейко

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ СВЕРЛАМИ С ВНУТРЕННИМ ОТВОДОМ СТРУЖКИ

Введение. Обработка глубоких отверстий, число которых в ряде конструкций достигает 11 000, является одной из наиболее сложных и трудоемких операций механической обработки корпусных деталей.

При изготовлении деталей особого назначения широко применяют низкоуглеродистые легированные и коррозионностойкие стали 10X2M, 10ГН2МФА, 09Г2СА, 08Х18Н10Т и др. Требования к этим сталям: высокая прочность, вязкость, устойчивость к воздействию агрессивных сред. Сочетание указанных свойств позволяет отнести перечисленные материалы к труднообрабатываемым.

Основная часть. Ввиду значительных габаритных размеров и массы заготовок трубных досок и коллекторов, а также большого числа глубоких отверстий обработку наиболее целесообразно выполнять на специальных станках для глубокого сверления, оснащенных системой ЧПУ. При глубоком сверлении в деталях в основном применяют инструменты с внутренним отводом стружки (типа ВТА) и ружейные сверла. С учетом требований по качеству поверхностного слоя и точности обработанных отверстий после предварительного сверления может потребоваться развертывание [1].

Инструмент ВТА состоит из режущей головки, крепящейся резьбовым соединением на стебле. По сравнению с ружейными сверлами инструмент с внутренним отводом стружки обладает рядом преимуществ: более высокой жесткостью стебля, что положительно влияет на точность размеров и формы отверстия; отсутствием контакта стружки с обработанной поверхностью, что благоприятно сказывается на качестве обработанной поверхности; возможностью быстрой замены режущей головки, что упрощает обслуживание. Современной тенденцией стало все более широкое применение в конструкциях инструмента ВТА и ружейных сверл сменных неперетачиваемых твердосплавных режущих пластин, в том числе с износостойкими покрытиями [2].

Применение инструмента ВТА требует обеспечения гарантированного дробления стружки, необходимого для надежного ее извлечения, что при сверлении низкоуглеродистых легированных и коррозионностойких сталей с высокими пластическими и прочностными свойствами является сложной задачей.

Для надежного обеспечения дробления стружки широко применяют стружкоделители и стружколомные порожки. Количество и геометрические параметры стружкоделителей и стружколомных порожков определяются свойствами обрабатываемого материала и режимами резания. Эффективная работа стружколомных порожков обеспечивается в определенном диапазоне режимов резания (скоростей резания и подачи).

Для сталей, применяемых для деталей особого назначения, дробление стружки обеспечивается при подаче 0,07...0,14 мм / об (рисунок 1, а). Верхний предел подачи ограничивается прочностью корпуса инструмента, износостойкостью и прочностью режущих пластин. Скорость резания — 50...70 м / мин в зависимости от свойств обрабатываемого материала и применяемого твердого сплава. Указанные режимы резания обеспечивают высокую производительность обработки. Вместе с тем работа на данных режимах сопровождается сравнительно высокой (до 0,2 мм) разбивкой диаметров просверленных отверстий, формированием в поверхностном слое растягивающих остаточных напряжений 1-го рода и повышенным износом кондукторных втулок.

Кроме того, эффективность работы инструмента зависит от стабильности свойств материала заготовки, что не всегда обеспечивается для заготовок больших размеров и массы. Наличие карбидных или силикатных включений, различная твердость материала в пределах одной заготовки затрудняют подбор геометрии режущей части и эффективных режимов резания.

К примеру, при обработке ряда заготовок из стали 09Г2СА, имеющих большое количество силикатных включений, инструментом ВТА со сменными твердосплавными неперетачиваемыми пластинами, со стружкоделителями и стружколомными порожками включения высокой твердости оказывают абразивное воздействие, вызывая интен-