

Исследование прочности и жесткости конструктивных элементов универсально-сборных переналаживаемых штампов из композиционных материалов

Государственное предприятие «Харьковский региональный научно-производственный центр стандартизации, метрологии и сертификации»

Проведены экспериментальные исследования по определению прочности, жесткости и несущей способности пластмассовых держателей универсально-сборных штампов при различных видах армирования. Исследовано влияние масштабного фактора держателей на их прочностные характеристики.

Ключевые слова: универсально-сборный переналаживаемый штамп, прочность, жесткость, пуансон, напряжения.

Введение. Возросшая потребность технологического оснащения процессов листовой штамповки в различных отраслях машиностроения привела к созданию комплектов сборных переналаживаемых штампов самого различного назначения, мощности и габаритных размеров. К настоящему времени успешно зарекомендовали и широко эксплуатируются универсально-сборные штампы с пазами 8 и 16 мм, а также переналаживаемые штампы для поэлементной гибки, пробивки, вырубки, штамповки, а также универсальные штампы блочного пакетного типа и др. [1].

Дальнейший прогресс в создании новых, более современных конструкций переналаживаемой оснастки, обеспечивающей снижение затрат на ее изготовление, высокую надежность и долговечность, удобство и безопасность в наладке и эксплуатации, требует применения новых нетрадиционных материалов и приемов их использования.

В связи с этим большой интерес представляет создание новых способов соединения рабочих частей штампов с сопрягаемыми деталями, обеспечивающих высокую надежность, широкую универсальность, достаточную долговечность, а также возможность многократного использования основных деталей штампа. Это, в конечном счете, позволит создать для каждого типа производства экономически эффективный вид штамповой оснастки.

Анализ последних достижений и литературы. Несмотря на весьма важную роль, которую играют различные способы закрепления и фиксации пуансонов в различных штампах с применением композитных материалов, исследованию этого вопроса до сих пор не уделялось должного внимания [1 – 3]. Большинство рекомендаций по креплению рабочих частей штампов с пластмассовыми композициями на основе акриловых пластмасс относятся к штамповке деталей толщиной от 0,5 до 1,5 мм для формообразующих операций. В то же время на предприятиях машино- и авиастроения диапазон штампуемых деталей находится в пределах от 0,5 до 6 мм, поэтому в данном случае мы вынуждены заботиться и о прочностных параметрах пластмассовых держателей.

В связи с этим для компенсации усадочных явлений пластмассы, а также для повышения прочности и жесткости пластмассовых держателей предложен способ их металлического армирования. Данные о прочностных характеристиках и эксплуатационных параметрах армированных пластмассовых держателей в технической литературе отсутствуют.

Цель работы. Целью проведенных исследований явилось определение несущей способности пластмассовых держателей при различных видах армирования, а также исследование влияния масштабного фактора держателей на их прочностные характеристики.

Методика исследования. Для проведения испытаний разработана экспериментальная державка со сменными опорными кольцами (рис. 1), что позволило реализовать различные граничные условия закрепления и опирания пластмассовых держателей.

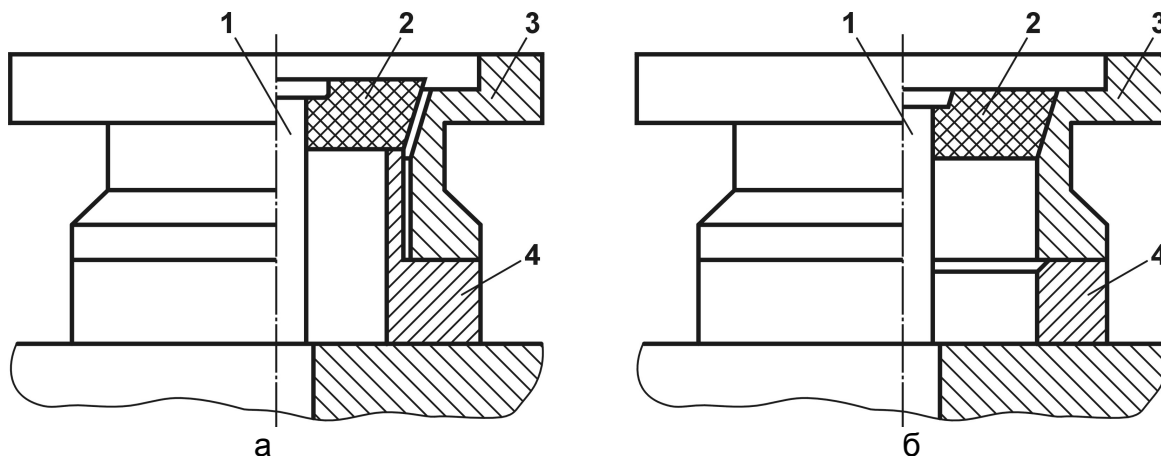


Рис. 1. Экспериментальная державка: а – опирание на коническую поверхность державки; б – свободное опирание на специальное опорное кольцо:
1 – рабочие элементы; 2 – пластмассовый держатель; 3 – державка;
4 – опорные кольца

Наиболее опасной с точки зрения напряженно-деформированного состояния пластмассового держателя является схема нагружения с центральным приложением нагрузки.

Испытания проводились на универсальной испытательной машине УИМ-50, снабженной силоизмерительным устройством.

Из практики применения композиций на основе самотвердеющей акриловой пластмассы АСТ-Т известно, что различные количественные соотношения между полимером и мономером (порошком и жидкостью) обуславливают различную вязкость приготовленной композиции в жидкотекучем состоянии, различную скорость первичного и окончательного отверждения, различные прочностные характеристики. Для нахождения оптимального соотношения компонентов приготавливались композиции, в которых вес полимера и мономера относится как 1,5:1, 1:1 и 0,8:1,2. Вязкость и время отверждения определялись опытным путем, а несущая способность полученных пуансонодержателей – путем их разрушения на машине УИМ-50 с одновременным фиксированием показателей силоизмерительного устройства.

В технической литературе по применению АСТ-Т имеются рекомендации по приготовлению композиций с различными наполнителями. Количественные данные для механических характеристик отвержденных композиций при различных соотношениях компонентов не приводятся. Для определения влияния наполнителей на несущую способность пуансонодержателей применялись также добавки (наполнители): древесные опилки, чугунные опилки, алюминиевый порошок в различных весовых соотношениях.

При проведении испытаний использовались наладки штампов с центральным расположением рабочих элементов. Вертикальную нагрузку от машины через шток и шарик передавали пуансону и далее – пластмассовому держателю.

Для определения влияния армирования на несущую способность пластмассовых держателей применены два вида армирования пластмасс: армирование объемным металлическим каркасом из проволоки и «изюмчатое» армирование в виде металлических включений произвольной формы, равномерно расположенных по всему объему держателя. Проволочный каркас изготавливался в виде двух связанных между собой ярусов, каждый из которых состоял из колец и взаимно перпендикулярных хорд, опоясывающих пуансон (рис. 2, табл. 1).

Таблица 1
Конструктивные размеры армирования

Размер	Верхний ярус	Нижний ярус
d_1	137	130
d_2	40	35
d_3	25	15
a_1	20	19
a_2	25	20
a_3	16	17

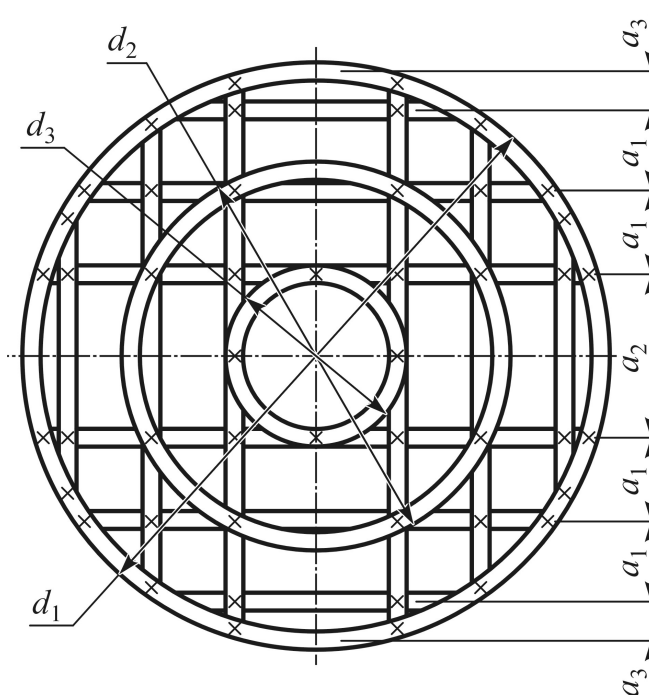


Рис. 2. Схема армирования объемным металлическим каркасом

В качестве основного метода исследования использовалось статическое и динамическое электротензометрирование в лабораторных и промышленных условиях.

Для определения перемещений и деформаций диаметрального сечения армированных и неармированных пластмассовых держателей использовались индикаторы часового типа, а для определения влияния масштабного фактора (объема заливаемой пластмассы) на несущую способность пластмассовых держателей в последние последовательно закреплялись пуансоны с посадочными диаметрами: 15, 35, 55, 75, 95 мм.

Картина напряженного состояния пластмассовых держателей получена с использованием метода статического электротензометрирования. Для этого на пластмассовый держатель наклеивались тензодатчики ПКБ с базой 5 мм и величиной номинального сопротивления 100 Ом (рис. 3).

Для трансформации величины деформации в значениях нормальных напряжений использовались тарировочные балочки размерами 350×90 мм

толщиной 8, 10, 12 мм из пластмассы АСТ-Т. Тарировка выполнялась с использованием автоматического измерителя деформаций АИ-1 при ступенчатом приложении нагрузки по 1 Н.

Для проведения исследования влияния толщины пластмассового держателя на его несущую способность были изготовлены держатели толщиной 10, 15, 20, 25, 30 и 35 мм. При этом на универсальной испытательной машине УИМ-50 испытывались как армированные, так и неармированные пластмассовые держатели. Диаметр посадочной части пуансонов во всех случаях составлял 25 мм.

В целях определения работоспособности сборных штампов с закреплением рабочих элементов армированной пластмассой АСТ-Т также были проведены производственные испытания. Определялась картина напряженного состояния пластмассового держателя в процессе штамповки толстолистового металла.

Испытания проводились на механическом прессе К-2186 усилием 500 кН с применением метода динамического тензометрирования с использованием регистрирующей аппаратуры (шлейфовый осциллограф НО-41 и усилитель ТА-5) и тензодатчиков сопротивления с базой 5 мм и номинальным сопротивлением 100 Ом.

Испытания проводились на штампе совмещенного действия при штамповке детали типа «шайба» размером $D_n = 50$ мм, $d_{вн} = 15$ мм. В качестве штампуемого материала использовались полосовые заготовки из сталей: сталь Ст. 3 и сталь 45 толщиной 4, 5 и 6 мм. Всего было отштамповано свыше 3000 деталей и записано более 200 осциллограмм.

Результаты исследования

В процессе определения оптимального соотношения компонентов АСТ-Т (полимера и мономера) было изготовлено и испытано более ста образцов пластмассовых пуансонодержателей. Наиболее жидкотекучей оказалась композиция с соотношением весовых частей порошка и жидкости 1:1,5. Однако в этом случае время набухания полимера значительно больше по сравнению с соотношениями 1:1 и 1,5:1, а время полного отверждения превосходит соответствующее время соотношения 0,8:1,2 в 10 раз и составляет около 30 часов. Что касается величины несущей способности, то существенного различия между пуансонодержателями с испытанными соотношениями компонентов не было обнаружено. Абсолютная величина разрушающей нагрузки во всех случаях составляла от 25 до 35 кН, причем большая величина более характерна для соотношения 0,8:1,2 (диаметр пуансона при этих испытаниях был постоянным и составлял 15 мм).

Таким образом, оптимальными по технологическим и прочностным характеристикам оказались пуансонодержатели с соотношением полимера и мономера 0,8:1,2, которое и было принято за основу при дальнейших испытаниях.

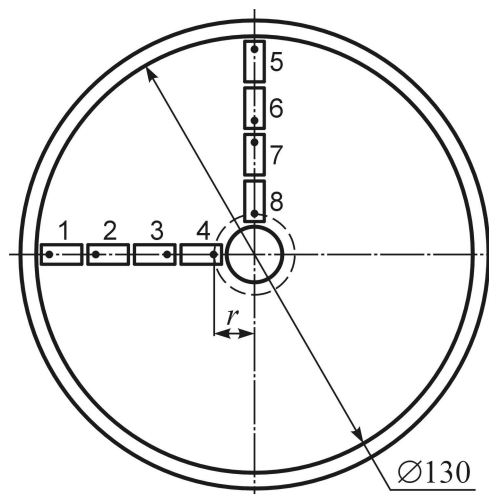


Рис. 3. Схема наклейки тензодатчиков

Армирование пластмассовых пуансонодержателей двухрусным проволочным каркасом, как показали исследования, повышает их несущую способность в 1,5 – 2,5 раза.

Испытанные в качестве наполнителей древесные и чугунные опилки во всех соотношениях полимера и мономера оказались нетехнологичными при приготовлении и заливке композиции. Несущую способность пуансонодержателей эти наполнители не повышают. Наиболее приемлемым в качестве наполнителя оказалась алюминиевая «пудра», однако и она несущую способность повышает незначительно – до 40 кН.



Рис. 4. Зависимость несущей способности от диаметра заливаемых пуансонов

На рис. 4 показана зависимость несущей способности пластмассовых держателей от их геометрических размеров.

Особое место в проведенных испытаниях занимало определение абсолютных значений перемещений точек верхней поверхности армированных и неармированных пуансоно-держателей при их жесткой заделке по наружному контуру – опирание на коническую поверхность державки (см. рис. 1, а) и при свободном опирании на специальное опорное кольцо (см. рис. 1, б).

Многократное дублирование пяти ступеней нагружения каждого из испытанных пуансонодержателей как на конусе, так и на опорном кольце и регистрация показаний индикаторов позволили выразить полученные результаты в виде графиков (рис. 5), на которых: 1 – кривая перемещения точек верхней поверхности пуансонодержателя при нагрузке 2000 Н; 2 – при 4000 Н; 3 – при 6000 Н; 4 – при 8000 Н; 5 – при 10 000 Н. Причем, а – это картина перемещения неармированного пуансонодержателя при опирании на конус; б – соответственно – неармированного при опирании на кольцо; в – армированного двухрусным проволочным каркасом при опирании на конус; г – также армированного при опирании на кольцо.

В результате анализа графиков, приведенных на рис. 5, установлено, что абсолютные значения деформаций диаметрального сечения как армированных, так и неармированных пуансонодержателей практически не зависят от вида опирания, а общее перемещение этого сечения примерно в два раза больше в случае опирания на конус. Перемещение точек диаметрального сечения армированных пуансонодержателей в 1,5–2 раза меньше по сравнению с неармированными. Кроме того, как было выяснено, стержневое (или сеточное) армирование практически полностью компенсирует усадочные явления и

позволяет закреплять пуансоны относительно матриц с выдержкой равномерного зазора и даже сопрягать их без зазора при штамповке тонколистового металла.

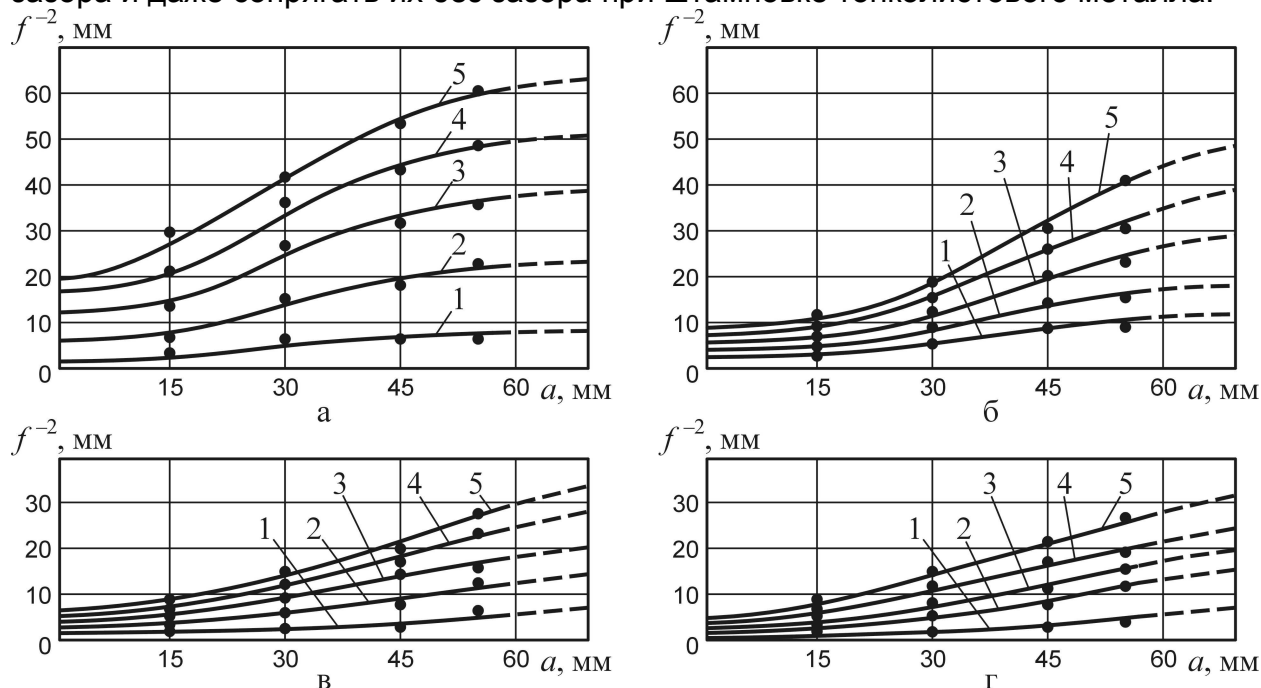


Рис. 5. Картина деформированного состояния пластмассового держателя

В процессе испытаний установлено, что прочность пластмассовых держателей при опирании на кольцо выше, чем при опирании на конус. Причем держатели, опиравшиеся на кольцо, разрушались от деформаций изгиба, а те из них, которые опирались на конус, – от деформаций сжатия.

Для получения картины напряженного состояния было испытано 10 пуансонодержателей с наклеенными датчиками – 5 армированных и 5 неармированных. График распределения нормальных напряжений показан на рис. 6. Здесь 1 – распределение напряжений для неармированного пуансонодержателя при опирании на опорное кольцо; 2 – то же, при опирании на конус; 3 – для армированного при опирании на опорное кольцо; 4 – то же, при опирании на конус.

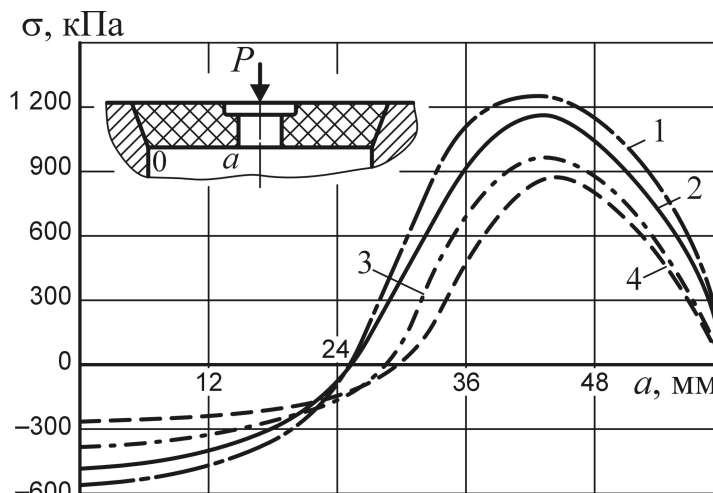


Рис. 6. Картина напряженного состояния пластмассового держателя

Анализ приведенных графиков показывает идентичность картины напряженного состояния пуансонодержателей для всех случаев в проведенных испытаниях. При этом периферийные области пуансонодержателей подвержены

деформациям сжатия за счет вдавливания его в конус, ограничения радиальных перемещений центрирующим буртиком при опирании на опорное кольцо, а также за счет значительной толщины пуансонодержателя.

Следует отметить, что данный пластмассовый блок по соотношениям своих размеров необходимо считать как толстую плиту. Области же, прилежащие к центральной части блока, особенно низшие, подвержены деформациям растяжения. Это, как следует из рис. 6, относится к случаю опирания и на конус, и на опорное кольцо. Однако характер разрушения пластмассовых пуансонодержателей показывает, что в случае опирания на конус преобладают напряжения сжатия, а при опирании на опорное кольцо разрушение происходит преимущественно от изгибных напряжений. Кроме того, график показывает, что абсолютные значения напряжений для армированных пуансонодержателей на 30% меньше по сравнению с неармированными. Нагрузка во всех случаях составляла 10 000 Н.

С увеличением высоты держателя возрастает и его несущая способность. Причем пластмассовый держатель толщиной 10 мм разрушался от изгибных деформаций, а больших толщин – от деформаций сжатия. Установлено, что с увеличением толщины пластмассы свыше 25 мм несущая способность увеличивается незначительно. Это объясняется тем, что опорный конус державок имеет высоту 25 мм, а цилиндрическая часть пластмассового держателя не отзывает существенного влияния на его несущую способность.

На рис. 7 показан график зависимости величин разрушающего усилия от высоты пластмассового держателя. Анализ осциллограмм, полученных в результате производственных испытаний пластмассовых держателей, показал, что максимальные перемещения армированных держателей составляли 0,20...0,27 мм и находились в зоне упругих деформаций пластмассы.

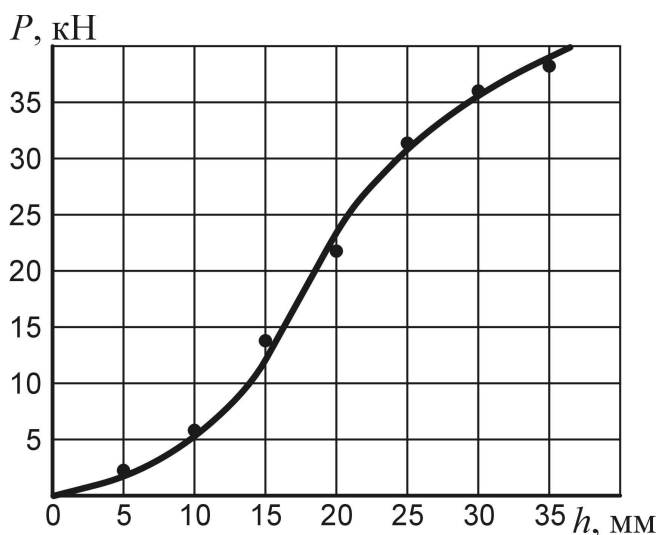


Рис. 7. Зависимость несущей способности пластмассовых держателей от их высоты

Максимальные напряжения не превосходили $\sigma_{\max} = 1,2$ МПа и не выходили за предел пропорциональности.

Выводы

1. Установлено, что рациональной для конструкций универсально-сборных и переналаживаемых штампов является толщина держателей из композиционных материалов, равная 20...25 мм, а на технологические свойства композиционных материалов большое влияние оказывает масштабный фактор, величина которого должна быть максимально допустимой.

2. Результаты проведенных исследований позволят разработать практические рекомендации по выбору материалов для изготовления компоновок универсально-сборных штампов с применением композиционных материалов и пластических масс.

Список литературы

1. Жолткевич, Н.Д. Конструктивно-технологические требования к переналаживаемой технологической оснастке [Текст] / Н.Д. Жолткевич // Вестник национального технического университета «ХПИ»: сб. науч. тр. Нац. техн. ун-та «ХПИ». – Вып. 63. – Х., 1999. – С. 5 – 12.
2. Мовшович, А.Я. Оценка надежности универсально-сборных штампов в условиях дискретно-нестабильных программ выпуска изделий [Текст] / А.Я. Мовшович, Н.К. Резниченко, В.В. Агарков // Машинобудування: сб. науч. тр. УИПА. – Вып. 6. – Х., 2011. – С. 27 – 31.
3. Универсально-сборные переналаживаемые штампы для листовой штамповки [Текст] / Н.К. Резниченко, Г.И. Ищенко, В.В. Агарков, А.Я. Мовшович // Инженерная академия наук Украины. – Вып. 3. – К., 2011. – С. 95 – 99.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Я. Мовшович
Украинская инженерно-педагогическая академия

Поступила в редакцию 03.06.13

Дослідження міцності та жорсткості конструктивних елементів універсально-збірних переналагоджуваних штампів із композиційних матеріалів

Проведено експериментальні дослідження з визначення міцності, жорсткості та несучої здатності пластмасових утримувачів універсально-збірних штампів при різних видах армування. Досліджено вплив масштабного чинника утримувачів на їх характеристики.

Ключові слова: універсально-збірний переналагоджуваний штамп, міцність, жорсткість, пуансон, напруження.

Investigation of strength and rigidity of structural members of universal-insert reconfigurable dies made of composites

Experimental researches have been performed to determine strength, rigidity and load carrying capacity of universal insert die plastic holders under different types reinforcement. Holders scale factor effect on strength properties has been subjected to analysis.

Keywords: universal – insert reconfigurable die, strength, rigidity, punch stamp, stresses.