

Прочность ББ обеспечивается. На это указывает низкий уровень эквивалентных напряжений (рис. 2, б) в полимербетоне. Чугунные колонна и оребрение были напряжены в исходном случае (рис. 2, а) существенно сильнее.

Модальный МКЭ-анализ показал, что картина резонансов не меняется после бионического усиления. Динамика станка как до, так и после создания ББ определяется двумя изгибными резонансами колонны (*MB1* и *MB2*) и крутильным резонансом вокруг вертикальной оси колонны (*MT3*). После построения бандажа изгибные резонансы поднимаются из диапазона 14–18 Гц в диапазон 26–31 Гц. Частота крутильного резонанса также возрастает в 1,5 раза (с 35,2 до 52,9 Гц). Система мод станка после создания ББ становится более приемлемой для силовой обработки, например, торцовыми фрезами.

Динамика станка была смоделирована гармоническим МКЭ-анализом, раскрывшим АЧХ шпиндельного узла. Как для исходной НСС, так и для НСС, усиленной ББ, кривые на АЧХ принципиально одинаковы. Польза от бионического усиления заключается в резком снижении пиковых амплитуд колебаний. Для изгибных мод *MB1* и *MB2* амплитуды резонансных раскачек упали соответственно в 2,57 и 1,88 раз. Крутильный резонанс *MT3* ослаблен в 2,76 раз. Он перестал быть самым опасным динамическим эффектом.

В результате снижения виброактивности станок с бионическим бандажом оказывается весьма перспективным для прецизионной обработки в широком диапазоне частот.

УДК 672.32

## ПОЛУГОРЯЧАЯ ШТАМПОВКА ЭЛЕМЕНТА МУФТЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ «КОРПУС ЛЕВЫЙ»

*Жогло А. Г., Анишев В. В.*

*Белорусский национальный технический университет*

*e-mail: zhoglo.artem@gmail.com*

*Summary. Analysis of the manufacturing of the part for the subsequent development of the forging drawing. Simulation in a CAE system with subsequent calculation of operation parameters. The choice of equipment based on the data obtained during modeling. Analysis of the results obtained and determination of the amount of metal saved.*

На сегодняшний день глобальной тенденцией в развитии промышленности производства деталей машиностроения является усовершенствование технологии. Такой подход позволяет рациональнее использовать производственные ресурсы путем внедрения в производство более производительного оборудования и замены на более новое или же усовершенствование технологического процесса изготовления продукции. Например, для снижения трудоемкости изготовления детали стремятся уменьшить количество операций, это снизит трудоемкость технологического процесса и сведет к минимуму потери металла со снятием стружки при обработке резанием. Уменьшить потерю металла можно изменив форму заготовки перед обработкой резанием.

В работе приведен пример получения детали «Корпус левый» (рис. 1, а) (сталь 45 ГОСТ 1050-2013). Годовая программа детали достигает 420 000 штук в год, что говорит о массовом производстве. Эта деталь быстроразъемной гидравлической муфты, предназначенной для быстрого соединения и разъединения гибких трубопроводов гидросистем, работающих при давлении до 20 МПа. На сегодняшний день муфты прошли испытания на ОАО «Минский автомобильный завод», ОАО «Лидагропромаш», ОАО ТК «Волгоградский тракторный завод» и ОАО «Минский тракторный завод» для комплектации трактора «Беларус» и другой сельскохозяйственной техники с прицепными агрегатами.

Уменьшение потери металла достигается путем сокращения трудоемкости обработки резанием, за счет получения поковки методом полугорячей штамповки. При

формировании поковки будет сформировано большинство поверхностей детали, в следствии чего механическая обработка будет значительно уменьшена.

В соответствии с ГОСТ 7505-89 необходимо произвести расчет поковки. Он включает в себя определение группы стали, класса точности, степени точности и исходного индекса детали. Далее можно приступить к выбору припусков на механическую обработку и допусков на размеры (рис. 1, б).

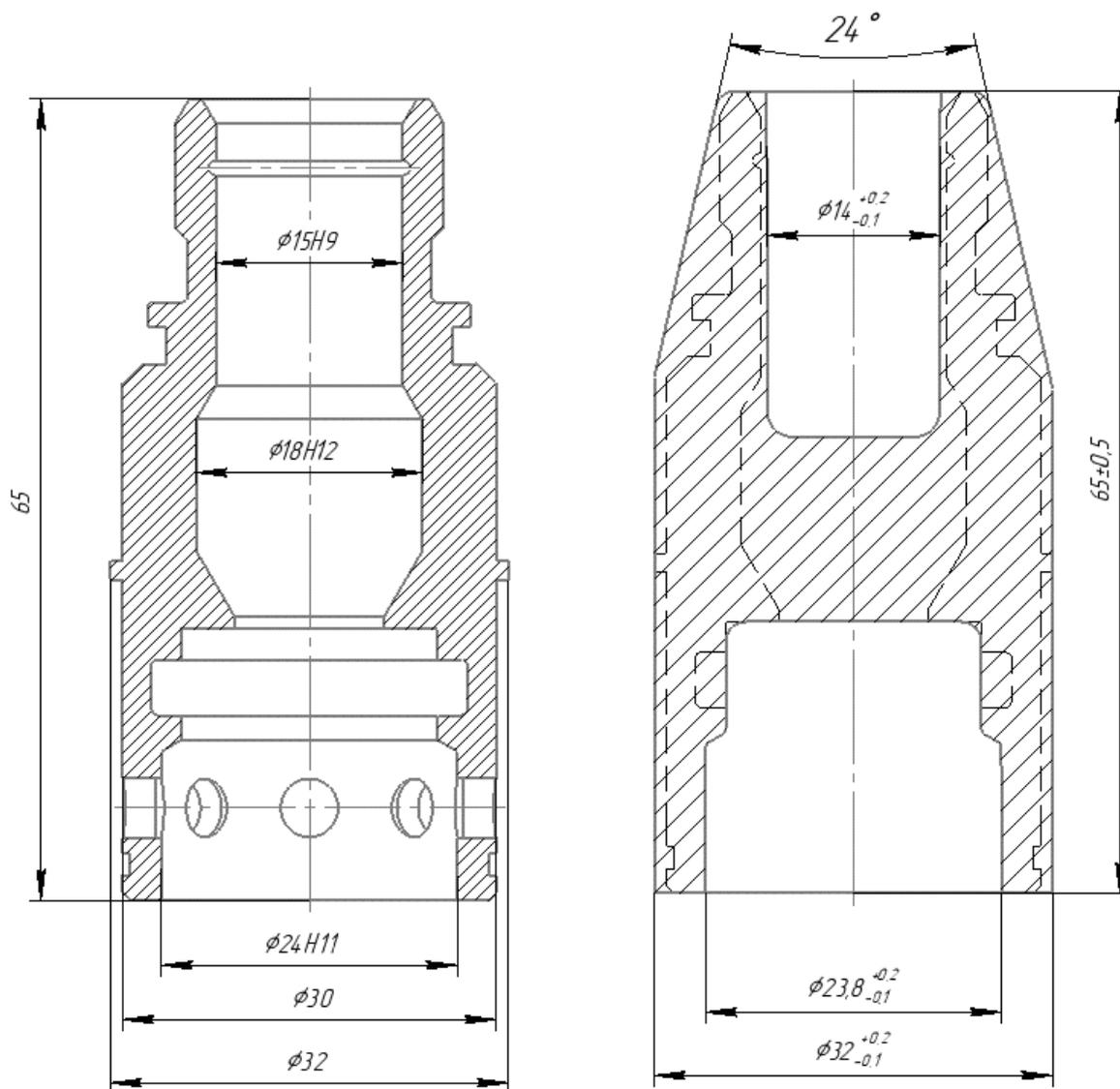


Рисунок 1 – Эскиз детали гидромукфты «Корпус левый»: а – деталь; б – поковка

Корпус имеет сложный наружный и внутренний цилиндрический профиль. Масса детали 160 г., в случае ее производства из прутка  $\phi 35$ , масса заготовки составит 408 г., то  $K_{\text{им}} = 39,2\%$ , в случае получения поковки с последующей обработкой, требуется заготовка  $\phi 32 \times 65$ , массой 266 г.,  $K_{\text{им}} = 60,3\%$ .

Для определения усилия воспользуемся САЕ-системой, в основу которой входит конечно-элементная модель напряженно-деформируемого состояния. Требуемое усилие для данной операции составит не более 800 кН (80 тонн) (рис. 2). Для данной задачи подойдет механический пресс КД2130 с усилием 1000 кН (100 т) по ГОСТ 10026-87. Однако размеры рабочего окна пресса не позволяют установить штамп необходимых габаритов, поэтому принимаем пресс КД2132 на 1600 кН (160 тонн).

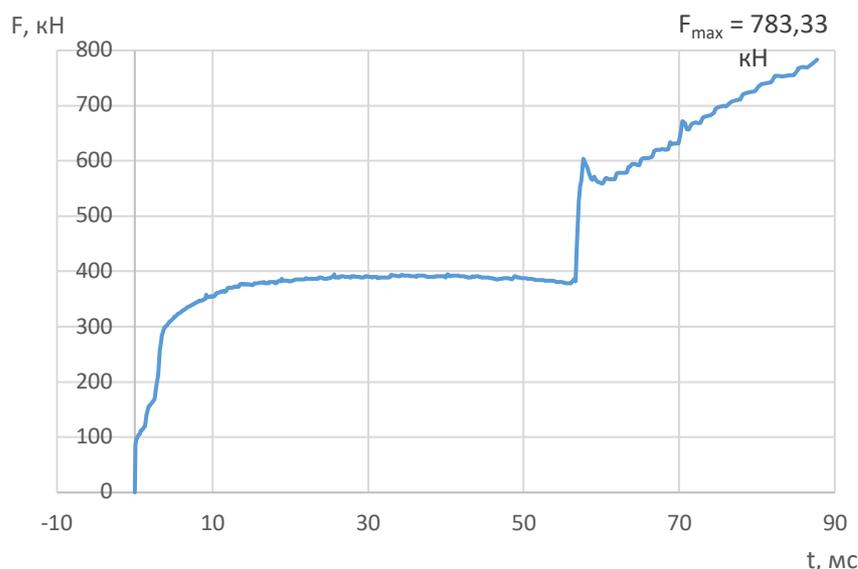


Рисунок 2 – График изменения усилия штамповки

Заготовка перед штамповкой нагревается до 740–760°С. Так как в данных условиях материал будет находиться в фазе аустенит + феррит (в области лежащей между линиями A<sub>1</sub>–A<sub>3</sub> в соответствии диаграммой железо-углерод). Нагрев до таких температур позволяет снизить усилия при деформировании при этом практически не образуется окалины.

В результате снижения трудоемкости металлорежущего оборудования, уменьшению размера заготовки на 41,4 %, подбору оборудования для полугорячей штамповки исходя из промоделированной операции выдавливания, полученного в ней графика усилия обработки заготовки, будет достигнута ежегодная экономия металла 59 тонн.

УДК 62-757.73

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕВЕРСИВНО-СТРУЙНОЙ ОЧИСТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ ГРЕБНОГО ВИНТА ОТ КОРРОЗИИ

*Качанов И. В., Шаталов И. М, Ковалевич В. С.  
Белорусский национальный технический университет  
e-mail: vitalikovalevich@gmail.com*

**Summary.** *The results of research carried out by the authors on cleaning the metal surface of the propeller from corrosion using the technology of reverse-jet cleaning (RJC) using bentonite clay are presented. The presence of a protective film coating, formed in the process of processing according to the RJC technology, was established.*

Гребной винт, имеющий износ от биологической и химической коррозии основного металла, не может обладать проектными качествами, что приводит к потере ходкости судна, а следовательно, снижению КПД пропульсивного комплекса и повышенному расходу топлива.

Установлено, что весьма эффективно для борьбы с коррозией гребного винта может быть использована технология реверсивно-струйной очистки (РСО), обеспечивающая наряду с очисткой, формирование защитного пленочного покрытия с достаточно высокой адгезионной прочностью.

Как подтверждают проведенные исследования, добавка бентонитовой глины в рабочую жидкость РСО обеспечивает формирование на обработанной поверхности пле-