

### Штамповка в производстве протезов костей и суставов

Студент гр. 10402119 Биленко Ю.Э.

Научный руководитель –Томило В.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Эндопротезирование сустава – это один из самых современных методов оперативного лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата, в ходе которого патологически измененные структуры, образующие сустав, заменяются на искусственные протезы, которые имеют анатомическую форму здорового сустава и позволяют выполнять весь объём движений. Операция эндопротезирования применяется при различных заболеваниях и травмах суставного аппарата, которые привели к полной или практически полной потере двигательных функций.

К таким болезням суставов относятся:

- дегенеративно-дистрофические заболевания (все виды остеоартрозов и артритов);
- болезнь Бехтерева;
- асептический некроз головки бедренной кости;
- внутрисуставные переломы;
- ложные суставы;
- дисплазия суставов;
- перелом шейки бедра.

Материалы, из которых изготавливают современные эндопротезы суставов, обладают высокой прочностью и хорошей приживаемостью в организме человека.

Металлические эндопротезы изготавливают из различных нержавеющей стальных сплавов. Они фиксируются к кости с помощью специального костного цемента. Для изготовления компонентов эндопротезов используют сплавы титана. А для изготовления поверхностей скольжения применяют сверхпрочный полиэтилен и алюмооксидную керамику, кобальт, хром, керамизированный металл OXINIUM. Эти материалы обладают хорошей износостойкостью, а также легко поддаются обработке для достижения хорошего сопряжения компонентов протеза [1].

Современные эндопротезы (рисунок 1) тазобедренного сустава – сложные технические изделия. Обычно протез состоит из ножки, головки, чашки и вкладыша, повторяющих механику движения человеческих костей [2].



Рисунок 1– Примеры эндопротезов

Узел трения– это те места, между которыми материалы протеза испытывают наибольшее напряжение, за счёт трение при использовании самих протезов. Головка производится из разных сплавов металла либо керамики, вкладыш состоит из высокопрочного полиэтилена или керамики. Тип и качество материалов, применяемых в узлах трения, во многом определяет срок службы эндопротеза, поэтому эндопротезы тазобедренного сустава делятся на несколько видов в зависимости от используемых материалов: металл-полиэтиленовые, керамика-полиэтиленовые, керамика-керамические [2].

Круг материалов, совместимых с телом человека, достаточно ограничен, поэтому мы будем рассматривать работа посвящена исследованию процесса горячей объемной штамповки поковок эндопротезов из высокопрочного деформируемого титанового сплава ВТ6. Сплавы типа ВТ6, принадлежащие к  $\alpha+\beta$ -классу, относятся к числу наиболее распространенных титановых сплавов. Их используют для изготовления крупногабаритных сварных и сборных конструкций летательных аппаратов, баллонов, работающих под внутренним давлением в широком интервале температур (от  $-196$  до  $+450^{\circ}\text{C}$ ), и целого ряда других конструктивных элементов авиационной, ракетной и гражданской техники. Около 50% используемого в авиакосмической промышленности титана приходится на сплав ВТ6. Из этого же сплава производят предметы быта, спортивный инвентарь, а также медицинские приборы.

Эффективным методом обработки указанного материала является горячая объемная штамповка, улучшающей структуру, свойства и эксплуатационные характеристики изделий, что обуславливает значительное повышение технико-экономических показателей производства [3].

Температурный интервал горячей штамповки титана и его сплавов близок к температурному интервалуковки. Основными факторами, определяющими характер структуры титановых сплавов, являются температура, степень и скорость деформации. Низкая теплопроводность титана и высокий коэффициент трения между металлом и инструментом приводят к неравномерности деформации и к неоднородности структуры и свойств в объеме штампуемой заготовки. Разнозернистость по сечению детали является следствием того, что наравне с зонами интенсивного течения металла в заготовке образуются области затрудненной деформации. Поскольку в процессе деформации наблюдается тепловой эффект, температура заготовки повышается. При этом в зонах интенсивной деформации, где локализуется тепловой эффект, температура металла может значительно превышать температуру фазового превращения сплава. В зонах затрудненной деформации образуется крупнозернистая структура с пониженной пластичностью и выносливостью. Снижение температуры нагрева под штамповку может в определенной степени исключить опасность местного перегрева заготовки. Однако снижение температуры приводит к увеличению сопротивления деформированию, износа инструмента, расхода энергии, необходимости использовать более мощное оборудование [4].

Штамповку титановых заготовок осуществляют на гидравлических и кривошипных прессах. При штамповке на прессах металл деформируется приблизительно в 1,5 раза проще, чем на молотах, что повышает стойкость штамповой оснастки, а также опасность перегрева металла и превышения температуры  $\beta$ -превращения. При штамповке на гидравлических прессах происходит более равномерная деформация и проработка структуры. Пластичность титановых сплавов при штамповке на прессах увеличивается на 10–20%.

Наиболее рациональным для эффективного производства эндопротезов тазобедренного сустава из титанового сплава ВТ6 может быть технология горячей объемной штамповки.

#### Список использованных источников

- 1 Федеральный центр травматологии, ортопедии и эндопротезирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.orthoscheb.com/technology/endoprotezirovanie-sustavov/>. – Дата доступа: 08.11.2022.
- 2 Научный журнал «Успехи современного естествознания» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35400>. – Дата доступа: 08.11.2022.
- 3 Центральный металлический портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://metallcheckiy-portal.ru/marki\\_metallov/tit/VT6](https://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov/tit/VT6). – Дата доступа: 08.11.2022.
- 4 Новостной портал «Беларусь сегодня» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/titany-meditsinskoj-mysli.html>. – Дата доступа: 08.11.2022.