

**Материалы для упругих элементов в приборостроении**

Студент Орловский М. А.  
Научный руководитель – Пацеко Е. К.  
Белорусский национальный технический университет  
Республика Беларусь, г. Минск

Наверное, в детстве каждый из нас мог лицезреть часы, не работающие по принципу микросхем или проводков. Старинный будильник, который дети СССР в фильмах прячут под подушку, дабы не идти в школу и поспать лишнее время. Когда бабушка разобрала его, чтобы показать, как он работает, для меня стало огромным удивлением, что столь непостижимый моему уму волшебный предмет работает не благодаря каким-то маленьким людям внутри... В действие будильник приводила вполне обыкновенная в 21-ом веке вещь – заведённая пружина. И она до сих пор активно участвует в нашей жизни: амортизаторы на наших велосипедах и машинах; предохранительные, затворные клапаны и др.

На данный момент пружинные материалы кроме высоких пределов упругости, выносливости и релаксационной стойкости, должны обладать высокой коррозионной стойкостью, немагнитностью и электропроводимостью. Но были ли такие требования в те времена, когда человек использовал те же законы, по которым основаны пружинные материалы и даже не полагал, что делает это? Самыми первыми пружинными материалами стали дерево и почти все виды металлов (медь, железо, бронза, сталь и т. д.). Да, ещё во времена до нашей эры первобытные люди придумали лук для охоты и войны – чем вам не использование пружинных материалов? Археологи обнаружили ножницы в Турции, материалом которого служит железо и сохранились они примерно со 2-го века нашей эры. Все эти вещи используют внезапное освобождение механической (потенциальной) энергии, так что я вполне могу утверждать то, что вышперечисленные материалы являются самыми первыми пружинными материалами. Использование их было полезным в то время, однако сейчас прогресс требует более новейших решений.

В приборостроении применяются не только стальные пружины, но и пружины, сделанные из других металлов. При выборе материала приходится принимать во многих случаях принимать во внимание электропроводимость, коэффициент линейного расширения, изменения модуля упругости в зависимости от изменения температуры и другие специальные условия, в которых должен работать упругий элемент. В приборостроении для изготовления упругих элементов (пружины, мембраны, сильфоны и т.д.) требуется материал, обладающий высокими упругими свойствами до температуры 300...600 °С, пластичностью, прямолинейным ходом изменения модуля упругости при температурах 20...600 °С, немагнитностью, коррозионной стойкостью и т.д. Для этой цели используют цветные металлы (латуни, бронзы и др.), а также аустенитные железохромоникелевые сплавы. На данный момент используются термически упрочненные сплавы металлов, которые соответствуют ГОСТУ 18175-78, которые проходят сложные процессы закалки и старения. Это сплавы: БрБ2, БрБНТ1,9, БрБНТ1,9Мг и З6НХТЮ. Это безоловянные бериллиевые бронзы, микролегированные в различных случаях бором и магнием.

БрБ2 – это безоловянная бериллиевая бронза, обрабатываемая давлением и легированная никелем. Б2 означает, что 2% от материала составляет химический элемент бериллий. Он требуется для повышения предела упругости, что будет повышать и качество соответственно. За счёт содержания в БрБ2 лишь бериллия и никеля, этот материал отличается самой низкой стоимостью среди остальных бериллиевых бронз. Потому он широко распространён и используется в приборостроении.

Не менее используемыми являются БрБНТ1,9 и БрБНТ1,9Мг. В отличие от БрБ2, БрБНТ1,9 легирована ещё и титаном, хоть и содержание никеля в ней немного меньше. Предел упругости у неё 650 МПа (у БрБ2 – 600 МПа), что делает её не только дороже БрБ2, но и

качественнее. БрБНТ1,9Мг микролегирована магнием (около 0,1%), что также повышает предел упругости материала.

Сплав 36НХТЮ является дисперсионно-твердеющим на железоникелевой основе. Он отличается от БрБ2 и БрБНТ1,9 тем, что обладает более высоким модулем упругости, а это снижает допустимые упругие деформации элемента. Содержит в себе 36% никеля, а также легирован алюминием и хромом, что однозначно повышает предел упругости. Среди всех представленных материалов 36НХТЮ обладает самым высоким пределом упругости в 800 МПа.

В заключение важно отметить, что современные пружинные материалы будут ещё долгое время оставаться актуальными. Но прогресс не стоит на месте и будут появляться новые способы усовершенствования сплавов, тем самым создавая более новые решения старых проблем.

### Список используемой литературы

1. Гевондян, Т. А., Киселев, Л. Т. Детали механизмов точной механики / Т. А. Гевондян, Л. Т. Киселев. – М.: Гос. изд. оборонной промышленности, 1953. – 231 с.
2. Лахтин, Ю. М., Леонтьева, В. П. Материаловедение / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. – М.: Машиностроение, 1972. – 510 с.
3. Уральский пружинный завод: [Электронный ресурс]. Белорецк, 2008-2020. URL: <https://usprings.ru/> (Дата обращения: 02.11.2020)
4. Спринг-центр: [Электронный ресурс]. Санкт-Петербург, 2008-2020. URL: <http://www.spring-centr.ru/articles/17930/> (Дата обращения: 28.10.2020)