Существует мнение, что значительно повысить пластичность бериллия не удастся [85]. Его хрупкость зависит от склонности к сколу по базисной плоскости, которая проявляется также и у некоторых других ГПУ металлов, например, у рения. У бериллия эта склонность усугубляется тем, что к сколу приводят сами механизмы деформации  **[[c.270]](http://mash-xxl.info/page/254138107001166132177174037019245061113113202159" \t "_blank)**  
  
Исследуя склонность бериллия к сколу по плоскости базиса, Б. Авербах отмечает [85], что [межатомные связи](http://mash-xxl.info/info/27150) в плоскости (0001) являются в основном металлическими, а вдоль оси [0001] они имеют большую долю ковалентной составляющей. Следовательно, склонность к сколу и трудность активации небазисных систем скольжения могут быть следствием такого необычного сочетания типов [межатомных связей](http://mash-xxl.info/info/27150) по различным [кристаллографическим направлениям](http://mash-xxl.info/info/16496). Авербах делает вывод, что повысить пластичность бериллия можно, легировав его одновалентным металлом до 8 ат. %. Однако, поскольку ни один металл не растворяется в бериллии в таких количествах, это признано бесперспективным.  **[[c.270]](http://mash-xxl.info/page/183216157139034085060192132172245017206046111061" \t "_blank)**  
  
В некоторых исследованиях все же сделаны попытки повысить пластичность бериллия, повышая его чистоту или изменяя распределение примесей в порошке [85]. Это позволило повысить удлинение до 4 % при удалении из бериллия алюминия и железа.  **[[c.271]](http://mash-xxl.info/page/090103223185137212008088070044243245055186145034" \t "_blank)**  
  
Таким образом, анализ работ по изучению пластичности бериллия показывает, что привычные [методы повышения](http://mash-xxl.info/info/471026) пластичности  **[[c.272]](http://mash-xxl.info/page/213251242237109206179064016247243126105070164206" \t "_blank)**  
  
Таким образом, на наш взгляд, основным способом повышения пластичности бериллия и выведения его из [хрупкого состояния](http://mash-xxl.info/info/6043) является очистка его от оксида любыми доступными средствами. Однако к настоящему времени эта задача трудновыполнима, а многократная дистилляция металла приводит к многократному возрастанию его стоимости и считается нерентабельной.  **[[c.276]](http://mash-xxl.info/page/151026195074011070116212042031074054183143149189" \t "_blank)**  
  
Волочение [бериллиевой проволоки](http://mash-xxl.info/info/42612) ведут с подогревом до 400—480 °С. При этих [температурах пластичность бериллия высокая](http://mash-xxl.info/info/164253) и близка к пластичности [малоуглеродистых сталей](http://mash-xxl.info/info/6794). Волочение бериллия осуществляют в [металлической оболочке](http://mash-xxl.info/info/112019) из [пластичного металла](http://mash-xxl.info/info/214988), например никеля. После волочения оболочку удаляют стравливанием покрытия и выполняют сглаживание поверхности проволоки электрохимической полировкой. В качестве оболочки может использоваться и [материал матрицы](http://mash-xxl.info/info/133391) композиции, что исключает операции [электрохимического травления](http://mash-xxl.info/info/115404) и полирования.  **[[c.266]](http://mash-xxl.info/page/058001143056120162162071107088229120188182092039" \t "_blank)**  
  
Бериллий реагирует с азотом при температуре более 500 °С и водородом при температуре более 1000 °С при комнатной температуре бериллий хрупок и малопластичен. Пластичность бериллия сохраняется до 400 °С при 850 °С бериллий становится красно-ломким и разрушается по границам зерен.  **[[c.144]](http://mash-xxl.info/page/002221052014187250191168094150002046237222090185" \t "_blank)**  
  
[Механические свойства бериллия](http://mash-xxl.info/info/85569) зависят от [степени чистоты](http://mash-xxl.info/info/36277), технологии производства, [размера зерна](http://mash-xxl.info/info/138513) и наличия текстуры. Они изменяются в широких пределах <Тв = 280...700 МПа сто,2 = 230. .. 680 МПа ё = 2...40%. Так, литой бериллий со свойственным ему крупным зерном имеет (7в = 280 МПа 6 = 2...3%. Горячекатаный полуфабрикат, полученный из слитка, обладает также низкими свойствами. Его [относительное удлинение](http://mash-xxl.info/info/1820) вдоль прокатки такое же, как у литого материала, а в поперечном направлении — близко к нулю. Помимо [размера зерна](http://mash-xxl.info/info/138513) на пластичность бериллия влияют его структурные особенности. [Гексагональная структура](http://mash-xxl.info/info/133659) характеризуется отношением [периодов решетки](http://mash-xxl.info/info/1719) с/а < 1,63, при котором базисная плоскость не единственно возможная [плоскость скольжения](http://mash-xxl.info/info/14146). Другими [плоскостями скольжения](http://mash-xxl.info/info/14146) в ГП решетке являются плоскости призмы и пирамидальные плоскости, что обеспечивает таким металлам, как титан и цирконий, хорошую пластичность. Однако [критическое напряжение](http://mash-xxl.info/info/5967), необходимое для сдвига в плоскости призмы, у бериллия при 20 °С так велико (рис. 14.12), что скольжение при деформации идет только по плоскости базиса.  **[[c.427]](http://mash-xxl.info/page/017212044183101168249105004167123216130046073115" \t "_blank)**  
  
  
[ХРУПКОСТЬ БЕРИЛЛИЯ](http://mash-xxl.info/info/161910). Недостаточная пластичность бериллия ограничивает его применение.  **[[c.425]](http://mash-xxl.info/page/169111241003100114076154190076195046002195088112" \t "_blank)**  
  
Т. к. в бериллии возможно лишь ограниченное [число механизмов](http://mash-xxl.info/info/332746) деформации, то любая предпочтительная ориентация будет сильно воздействовать на механич. свойства. На этом основаны методы увеличения пластичности бериллия путем [создания текстуры](http://mash-xxl.info/info/732661). Ввиду того что скольжение происходит преимущественно но плоскости базиса, для получения материала с высокой пластичностью необходимо, чтобы плоскости базиса располагались параллельно направлению растяжения. Высокая пластичность получится и в том случае, если плоскости (1010) будут перпендикулярны к оси усилий, т. к. будет иметь место [двойной сдвиг](http://mash-xxl.info/info/223141). Если же к оси усилий будут [перпендикулярны плоскости](http://mash-xxl.info/info/28403) (1120), а не (1010), то в механизме скольжения будут участвовать лишь плоскости (1010), и в результате получится худшая пластичность.  **[[c.425]](http://mash-xxl.info/page/254106216209203174081007197076098031200039084028" \t "_blank)**  
  
Одним из методов увеличения пластичности бериллия является измельчение зерна. Почти единственным способом получения мелкого зерна является применение более тонкого порошка, что приводит к значительному увеличению содержания окиси и т. о. ограничивает применение этого метода.  **[[c.425]](http://mash-xxl.info/page/145134146043104058149224002079025003165052250031" \t "_blank)**  
  
Попытки улучшить пластичность бериллия путем легирования с целью раскисления, фиксирования р-фазы, измельчения зерна в слитке, [получения твердых](http://mash-xxl.info/info/570954) растворов, увеличения [межплоскостного расстояния](http://mash-xxl.info/info/117900) не дали заметных результатов.  **[[c.425]](http://mash-xxl.info/page/097139131015051119157153121144070108057097236246" \t "_blank)**  
  
Нек-рый успех получен в частных вопросах повышения пластичности бериллия. Напр., при рафинировании [зонной плавкой](http://mash-xxl.info/info/33518) монокристалла бериллия удалось достигнуть удлинения до 140% (при [определенном наклоне](http://mash-xxl.info/info/723790) базисной плоскости к оси растяжения), при этом [общая деформация](http://mash-xxl.info/info/140361) скольжения составила 220%.  **[[c.425]](http://mash-xxl.info/page/194017023079025122003043167120070171178101196137" \t "_blank)**  
  
Благоприятно сказывается на пластичности бериллия при повышенных темп-рах [длительный отжиг](http://mash-xxl.info/info/687498) (при 600—850°), в особенности на выдавленном из [литого металла](http://mash-xxl.info/info/80445). В этом случае пика пластичности не наблюдается и удлинение при 600 составляет около 70% вместо 10—12% при обычном отжиге.  **[[c.425]](http://mash-xxl.info/page/178037217109225154152199224249234163000063168247" \t "_blank)**  
  
Низкая пластичность бериллия несколько неожиданна. Соотношение da для бериллия меньше теоретического значения, равного 1,633. Это обстоятельство, как указывалось выше, должно затруднять скольжение по плоскостям базиса. Действительно, в титане и цирконии, для которых соотношение с/а также меньше теорети-  **[[c.457]](http://mash-xxl.info/page/074105121190228076115245218211081027245198056133" \t "_blank)**  
  
В двух направлениях до 40%. Однако пластичность бериллия в направлении толщины листа остается незначительной.  **[[c.459]](http://mash-xxl.info/page/154018068160175100199103005192151002068240110087" \t "_blank)**  
  
Бериллий представляет особый интерес для изготовления реакторов, работающих при температурах выше 400° С, поскольку при более [низких температурах](http://mash-xxl.info/info/46753) вполне удовлетворительно работают [магниевые сплавы](http://mash-xxl.info/info/29900). В связи с этим особое опасение вызывает [пониженная пластичность](http://mash-xxl.info/info/219158) бериллия в интервале температур 400—600° С.  **[[c.459]](http://mash-xxl.info/page/050074126072128231174138228164105254150177026209" \t "_blank)**  
  
Температура нагрева заготовок около 425° С обеспечивает достаточную пластичность бериллия для заполнения [сложной фигуры](http://mash-xxl.info/info/756541) штампа.  **[[c.204]](http://mash-xxl.info/page/197131250180137194149017193134088131024067080030" \t "_blank)**  
  
Чем чище бериллий, тем выше его пластичность. Даже металл, содержащий 99,9% Ве,— хрупок. Кислород повышает прочность и пластичность бериллия.  **[[c.387]](http://mash-xxl.info/page/022185137093000197152231109158119155150236204040" \t "_blank)**  
  
Шмидт P. Новые приемы улучшения пластичности бериллия, [Атомная техника](http://mash-xxl.info/info/35573) за рубежом, 1960, № il2.  **[[c.567]](http://mash-xxl.info/page/229238191129117094175242184015032015249089056137" \t "_blank)**  
  
На рис. 39, б приведены температурные и скоростные зависимости пластичности бериллия при температурах 200—600 С и [скоростях деформации](http://mash-xxl.info/info/420) е = 2,5-10- 2,5 10- 2,5-10 и 2,5х Х10 сек- [100], а также при Т = 427- 816° С и е = 3-10-  **[[c.44]](http://mash-xxl.info/page/144061098132177197238124127055191109039016009134" \t "_blank)**  
  
Указывается [99, с. 81], что легирование бериллия увеличивает критическое сдвигающее напряжение в плоскости базиса, вследствие чего уменьшается его склонность к базисному скольже- fS нию. Есть сведения 1104], что, если на пластичность бериллия сильно влияет водород, то азот такого влияния не оказывает.  **[[c.45]](http://mash-xxl.info/page/126196173012197005113049001013231203034213167006" \t "_blank)**  
  
[Пластическая деформация сталей](http://mash-xxl.info/info/189719) и сплавов на [основе железа](http://mash-xxl.info/info/498176) и никеля на современных скоростных [прокатных станах](http://mash-xxl.info/info/69548) заканчивается при [температурах ниже](http://mash-xxl.info/info/586215) 800—950 °С, т. е. фактически происходит [теплая пластическая деформация](http://mash-xxl.info/info/27053) с [характерными признаками](http://mash-xxl.info/info/511104) множественного [внутризеренного скольжения](http://mash-xxl.info/info/116422) с подавлением [рекристаллизационных процессов](http://mash-xxl.info/info/470647). В данном случае наблюдается повышенная пластичность, так как [температурная зависимость](http://mash-xxl.info/info/191882) пластичности характеризуется повышением пластичности задолго до [температуры начала рекристаллизации](http://mash-xxl.info/info/290061). Это особенно заметно для металлов с г. п. у. решеткой (бериллий, магний) и объясняется облегчением сдвига по небазисным плоскостям. При этом двойникование подавляется облегченным скольжением.  **[[c.513]](http://mash-xxl.info/page/244166064238139189226143020090229084178243225220" \t "_blank)**  
  
[Пластичность металлов](http://mash-xxl.info/info/214988) этой подгруппы ниже, чем [щелочных металлов](http://mash-xxl.info/info/18454). Наиболее низкая пластичность — у бериллия и стронция, но это не природная их особенность, а следствие недостаточной чистоты. Испытания более чистого бериллия несомненно позволят выявить природную пластичность этого металла, поскольку [зонная очистка](http://mash-xxl.info/info/188829) увеличивает [относительное удлинение](http://mash-xxl.info/info/1820) в 40 раз. Уменьшение [размеров зерна](http://mash-xxl.info/info/138513) приводит. к понижению концентрации примесей по границам зерен, и, следовательно, к улучшению пластичности, что доказано, например, для магния.  **[[c.68]](http://mash-xxl.info/page/083026117236142108155036216156012093119108083079" \t "_blank)**  
  
При испытании более чистого (99,9 %) дистиллированного мелкозернистого бериллия (г=25) [1] [временное сопротивление](http://mash-xxl.info/info/1472) его плавно уменьшалось, а пластичность увеличивалась при [повышении температуры](http://mash-xxl.info/info/301572), достигая высоких значений при 800—1000 °С (рис. 26) прочность на сжатие при 20 °С достигала 147 МПа, образцы не разрушались даже при деформации 50 %.  **[[c.69]](http://mash-xxl.info/page/092243101095130144217110212053199226239207087036" \t "_blank)**  
  
Опробовалась присадка 35 элементов к бериллию. Было установлено, что ни одна из них не влияет на пластичность и прочность.  **[[c.519]](http://mash-xxl.info/page/106146230037099191173042066201240195101141144070" \t "_blank)**  
  
[Свойства бериллия](http://mash-xxl.info/info/62851) также исследовались для определения возможностей его использования в качестве волокнистого [армирующего материала](http://mash-xxl.info/info/133387) для композитов с полимерной матрицей, если он сам имелся в достаточном количестве в форме пластичной проволоки. Высокий модуль (на 40% больше, чем у стали) и низкая плотность (на 30% меньше, чем у алюминия) сделали его привлекательным конструкционным материалом для авиации, и можно было надеяться, что пластичность проволок улучшит ударные свойства композита. В работе [62] опубликованы некоторые результаты по растяжению [бериллиевой проволоки](http://mash-xxl.info/info/42612) диаметром 0,005 дюйм. Она разрушалась вязко даже при комнатной температуре после удлинения примерно на 1—3%. Позднее [36] исследован более детально [предел упругости](http://mash-xxl.info/info/5001) проволоки и определено ее [остаточное удлинение](http://mash-xxl.info/info/24143) при различных уровнях нагружения. Кроме того, исследованы также свойства [длительной прочности проволоки](http://mash-xxl.info/info/39160) при комнатной температуре. Данные показывают уменьшение прочности с ростом продолжительности [действия нагрузки](http://mash-xxl.info/info/553662), однако результаты имеют большой разброс.  **[[c.278]](http://mash-xxl.info/page/020073141146050065090003253001203173125096042251" \t "_blank)**  
  
Отмечается охрупчивающее действие частиц ВеО, связанное с прехшевременным разрушением, которое начинается в местах нахождения этих частиц [82-85]. Поскольку частицы ВеО - [концентраторы напряжений](http://mash-xxl.info/info/34403), их влияние на механические свойства подобно влиянию большого числа микронадрезов. Под воздействием растягивающих напряжений вокруг каждой частицы образуются пустоты, являющиеся зародьшшми хрупких трещин, распространение которых приводит к макроразрушению образца. По сведениям [85], попытки получить пластичный бериллий при комнатной температуре путем его глубокой очистки оказались безуспешными.  **[[c.272]](http://mash-xxl.info/page/081089127187184148203092101029229043202063248067" \t "_blank)**  
  
Много работ посвящено повышению пласгачности при уменьшении размеров зерен [85]. В них показано, что пластичность увеличивается с уменьшением [размера зерна](http://mash-xxl.info/info/138513), но эта зависимость сложным образом связана с [пределами прочности](http://mash-xxl.info/info/1682), ти есги и с коэффициешом упрочнения. Отмечается, что пластичность бериллия высокой чистоты увеличивается при уменьшении [размера зерна](http://mash-xxl.info/info/138513) от 15 до 10 мкм, но при < 10 мкм начинают сказываться и другие эффеюы содержание примесей, включений, условия [предварительной обработки](http://mash-xxl.info/info/638113) и т.д., и пластичность снижается. Анализ исследовании, проведенных в России, США, Великобритании, по влиянию [размера зерна](http://mash-xxl.info/info/138513), [степени очистки](http://mash-xxl.info/info/187548) от примесей и включений другой фазы (ВеО) на пластичность бериллия показал, что каждый из этих факторов в отдельности оказывает слабое влияние.  **[[c.272]](http://mash-xxl.info/page/044160023199166048116068024097248088158226211107" \t "_blank)**  
  
Бериллий обладает [эффективным сечением](http://mash-xxl.info/info/7547) захвата [тепловых нейтронов](http://mash-xxl.info/info/13828), большой проницаемостью для [мягкого рентгеновского излучения](http://mash-xxl.info/info/370258) (в 17 раз больше, чем у алюминия), высокой [отражательной способностью](http://mash-xxl.info/info/109363), малым [коэффициентом линейного расширения](http://mash-xxl.info/info/31262), хорошей коррозионной стонко-аью, сравнительно высокой прочностью, но низкой пластичностью. Бериллий имеет уникальный [модуль упругости](http://mash-xxl.info/info/487). Если для большинства металлов и [промышленных сплавов](http://mash-xxl.info/info/667741) (за исключением [сплавов типа](http://mash-xxl.info/info/610861) 1420) [значение удельного](http://mash-xxl.info/info/196804) [модуля упругости](http://mash-xxl.info/info/487) E/(pg) колеблется в пределах (2,3—2,6) 10 км, то [удельный модуль](http://mash-xxl.info/info/135475) упругости бериллия достигает 16,6-10 км, а [сплавов бериллия](http://mash-xxl.info/info/189663) с алюминием и магнием 10,5-10 км (табл. 78). Наряду с ценными техническими [свойствами бериллий](http://mash-xxl.info/info/62851) и его соединения обладают резко выраженными токсическими свойствами. Наиболее токсичными являются [химические соединения](http://mash-xxl.info/info/77986) бериллия, особенно хлористые и фтористые. Аэрозоли и мелкодисперсные частицы бериллия, его сплавов и соединений воздей-  **[[c.321]](http://mash-xxl.info/page/077039117087249241194114106035103016042243015016" \t "_blank)**  
  
Примеси, в частности алюминий) понижают пластичность бериллия (рис. 12) механические свойства меняются в зависимости от тина заготовки, [величины зерна](http://mash-xxl.info/info/134811) и чистоты металл (табл. 81, рис. 13). Самые высокие свойства у 3aiOTOBOK, выдавленных яз мелкозернистых порошков высокой чистоты еще более высокие прочностнмв свойства имеет проволока (табл. 82)-  **[[c.322]](http://mash-xxl.info/page/095067031054075035107093074107051174178113017034" \t "_blank)**  
  
Размеры атома бериллия малы ([атомный диаметр](http://mash-xxl.info/info/117782) 0,226 нм). Даже небольшие количества примесей сильно охрупчивают бериллий. Пластичный бериллий, содержащий не более 10" % примесей, пол)Д1ают электролизом хлоридных расплавов с последующей [зонной плавкой](http://mash-xxl.info/info/33518). Многократное повторение [зонной плавки](http://mash-xxl.info/info/33518) (до 8 проходов) позволяет получать особо чистый бериллий с чрезвычайно высокой пластичностью (5 = 140 %). Введение в очищенный бериллий всего 0,001 % Si приводит к охрупчиванию металла.  **[[c.636]](http://mash-xxl.info/page/255119105137198140077080084108079245157232236227" \t "_blank)**  
  
Однако проблема пластичности бериллия по существу осталась нерешенной, поэтому в указанных областях он используется еще очень мало. В настоящее время мироиое [производство бериллия](http://mash-xxl.info/info/645174) не превышает 20—30 т в год. Однако даже если технологические трудности получения изделий из бериллия будут преодолены, его будут применять лишь в специфических областях в отличие от титана, области применения которого могут быть весьма обширны.  **[[c.450]](http://mash-xxl.info/page/116063074110227116195239174228116253176090021054" \t "_blank)**  
  
[Рекристаллизационный отжиг](http://mash-xxl.info/info/1648) З меньшает прочность и значительно повышает пластичность бериллия при температурах исиы-тания до 600° С по сравнению с деформированным в теплую лш-териалом. Для рекристаллнзи-рованного бериллия характерна резко выраженная разнозерни-стость, обусловленная тем, что рост зерен ограничивается лпшь сильно деформированными местами. При [рекристаллизации текстура](http://mash-xxl.info/info/27144) деформации не устраняется.  **[[c.457]](http://mash-xxl.info/page/149051234101097243184011144125105127114192048080" \t "_blank)**  
  
О пластических характеристиках зонноочищенного монокристал-лического бериллия достаточно убедительно свидетельствуют данные табл. V. 3. В сто.пь резком повышении пластичности основную роль безусловно сыграла очистка от примесей. Одной из наиболее вредных примесей в бериллии является, по-видимому, кислород. В литературе указывается, что возможно дальнейшее повышэние пластичности бериллия, если удастся совершенно исключить эту нримесь.  **[[c.527]](http://mash-xxl.info/page/146145189077067138051093011029129012123249090248" \t "_blank)**  
  
Технический бериллий представляет собой [хрупкий металл](http://mash-xxl.info/info/46212) с прочностью около 30 кгс/мм и удлинением 1—2%. Его пиякая пластичность может быть обусловлена недостаточной чистотой, так как этот металл особенно чунстни-телен к загрязнениям. [Коррозионная стойкость бериллия](http://mash-xxl.info/info/168233) высокая. О бериллии как конструкционном материале будет сказано дальше.  **[[c.558]](http://mash-xxl.info/page/026207232132138076069111056125202052147007021018" \t "_blank)**  
  
Наличие у бериллия [полиморфного превращения](http://mash-xxl.info/info/138486), обнаруженного недавно (Вср имеет [кубическую решетку](http://mash-xxl.info/info/291090), температура а р-превращ еиия I250° J, позволяет надеяться иа [возможность использования](http://mash-xxl.info/info/544815) [термической обработки](http://mash-xxl.info/info/6831) ([фазовой перекристаллизации](http://mash-xxl.info/info/1823)) для улучшения свойств. Высокотемпературная Р фаза пластична, но переохладить ее до комнатион температуры не удается ни легированием, ни быстрым охлаждением.  **[[c.601]](http://mash-xxl.info/page/145128012239191030240037113023185202169160245089" \t "_blank)**  
  
Наибольшую пластичность после выдавливания (6 = 55 %, ф=67 %) при 400 °С имел дистиллированный бериллий, горячепрессованный из порошка 50 мкм.  **[[c.69]](http://mash-xxl.info/page/024102059232049177042056215202035198189150246155" \t "_blank)**  
  
Монокристаллы бериллия, полученные [зонной плавкой](http://mash-xxl.info/info/33518), пластичны при комнатной температуре после [зонной очистки](http://mash-xxl.info/info/188829) в атмосфере высоко-чистого аргона 6=140% [1], а после пятикратной [зонной очистки](http://mash-xxl.info/info/188829) ва-куумплавленпого бериллия 6 достигало 222 % (1].  **[[c.70]](http://mash-xxl.info/page/055094249078080208025084160152150139133036097217" \t "_blank)**  
  
Дистилляция повышает [относительное удлинение](http://mash-xxl.info/info/1820) бериллия при 20— 700 °С высокочистый бериллий обладает сравнительно высокой пластичностью при низких и сверхпластпчиостью при повышенных температурах [29 .  **[[c.71]](http://mash-xxl.info/page/079025238038061182254120091140095177031049031202" \t "_blank)**  
  
По [описанной технологии](http://mash-xxl.info/info/677331) смесь порошков тР1тана и бериллия в требуемом соотношении подвергается брикетированию в стальных оболочках, затем экструзии при температуре 371—537° С и давлении более 78,8 кгс/мм , после чего изготовленные прутки могут быть подвергнуты прокатке или ковке для получения заготовок или деталей требуемой формы. Полученный материал обладает довольно высокой пластичностью (при содержании бериллия менее 60 об. %), жесткостью и прочнсстью. Прутки, содержащие 40 об. % бериллия, имели прочность, равную 61,1 кгс/мм , [предел текучести](http://mash-xxl.info/info/1680) 45,8 кгс/мм , модуль упругости 17 640 кг/мм  **[[c.159]](http://mash-xxl.info/page/208070146055216072103173179228136082124196176044" \t "_blank)**