Содержание

1. Теоретическая часть 3

Вопрос 1. Развитие индустриального строительства в нашей стране, роль железобетона и других сборных конструкций 3

Вопрос 2. Пластичность глин и способы ее повышения 4

Вопрос 3. Жидкое стекло: получение, свойства, область применения 8

Вопрос 4. Приведите примеры гидравлических добавок и укажите их назначение 10

Вопрос 5. Что такое термозит, каковы его свойства и для каких целей применяется в строительстве 12

2. Практическая часть 17

Задача 1 17

Задача 2 18

Список литературы 19

## 1. Теоретическая часть

## Вопрос 1. Развитие индустриального строительства в нашей стране, роль железобетона и других сборных конструкций

ОТВЕТ.

В наследство от царской России Советское государство получило недостаточный по размерам, неблагоустроенный и значительно разрушенный во время 1-й мировой войны 1914-18гг жилой и индустриальный фонд. Уже в первые годы существования Советской власти Коммунистическая партия и Советское государство улучшили жилищные условия трудящихся переселением их из подвалов в квартиры экспроприированных классов. В годы довоенных пятилеток (1929-40 гг.) обеспеченность населения жильём оставалась недостаточной, несмотря на непрерывно возраставший объём жилищного строительства, т.к городское население росло ещё быстрее. Крайне обострили жилищную проблему разрушения, причинённые немецко-фашистской агрессорами в период Великой Отечественной войны 1941-45гг, в результате которых в городских и сельских местностях остались без крова около 25 млн. человек.

В послевоенный период восстановлен разрушенный жилой и индустриальный фонд страны. Однако развитие промышленности вызывало дальнейший рост городского населения. Если в 1913г оно составляло 18% всего населения страны, в 1940г-33%, то в 1959г-48%. В связи с этим в 1957г ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли постановление "О развитии жилищного индустриального строительства в СССР", выдвинувшее задачу в кратчайшие сроки достигнуть значительного увеличения жилищного и индустриального фонда и определившее пути и методы развития массового жилищного и индустриального строительства.

Огромные масштабы Жилищно-гражданского строительства стали осуществимы благодаря индустриализации строительства, основанной, в свою очередь, на типизации зданий, унификации и стандартизации строительных изделий, а также развитию и специализации строительной индустрии и промышленности строительных материалов. Применение типовых проектов в жилищном строительстве в 1970г достигло 93,5% от общего его объёма, а в культурно-бытовом - 85,7%. Индустриализация Жилищно-гражданского строительства сопровождалась развитием крупноблочного и крупнопанельного строительства. Индустриализация Жилищно-гражданского строительства создала возможности для организации единого технологического потока, начиная с изготовления строительных конструкций и деталей и кончая возведением зданий. На базе комбинирования возникли новые комплексные промышленно-строительные предприятия - домостроительные комбинаты (ДСК). Продукцией ДСК является готовый к заселению жилой дом.

Железобетон представляет собой конструктивное соединение бетона и стали.

За счет того что температурные деформации в стали и бетоне почти одинаковы, а также при соприкосновении бетона и арматуры ни в одном из них не возникает коррозии. Следует отметить, что особенно целесообразно применение железобетона в арочных мостовых пролетных строениях. Это объясняется существенным снижением усилий в них от температуры и усадки благодаря низкому модулю упругости железобетона.

## Вопрос 2. Пластичность глин и способы ее повышения

ОТВЕТ.

Вследствие взаимодействия, отчасти физического, а отчасти химического, атмосферы на разнообразные горные породы, эти последние разрушаются или, как говорят, выветриваются, образуя новые минеральные вещества. Все минералы, имеющие в своем составе полевой шпат, на счет его при выветривании дают глину, то всем известное тонкое и жирное на ощупь землистое вещество, которое повсеместно встречается, как на поверхности земли, так и на более или менее значительной глубине. Полевой шпат состоит из кремнезема, глинозема, окиси калия или окиси натрия. При выветривании полевой шпат разлагается так, что калий или натрий дают растворимый в воде углекислые соли, кремнекислота выделяется в свободном состоянии, а остающийся кремнекислый алюминий или глинозем и представляет собою собственно глину.

Глина относится к осадочным породам, состоящим из гидроалюмосиликатов - с общей химической формулой nА12О3. mSiО2. zН2О. В глинах присутствуют примеси кварцевого песка, полевых шпатов, карбонатов, некоторых оксидов и органических остатков. Глиняные частицы имеют малый размер (0,01 - 10,00мкм) и в основном пластинчатую форму. Они способны включать воду не только в свою химическую структуру (химически связанная вода), но и удерживать ее вокруг частиц в виде тонких прослоек (физически связанная вода).

Этих важных, с технической точки зрения, свойств у глины немного, и мы начнем с того, что постараемся в них разобраться. Сухая глина с жадностью поглощает воду и упорно удерживает ее между своими частицами. Намокшая до известной степени глина перестает через себя пропускать воду и делается водонепроницаемой и в то же время превращается в массу, которая, будучи хорошо перемята и перемешана, приобретает способность легко принимать разнообразнейшие формы и сохранять при высыхании; глина обладает, словом, тем свойством, которое называется "пластичностью". Рядом с пластичностью и в непосредственной связи с ней находится и другое свойство глины, а именно "связывающая" способность. Способность эта заключается в том, что глина с различными порошкообразными, не пластичными телами, вроде песка и т.п. ., дает однородное тесто, обладающее также пластичностью, хотя и в меньшей степени. Пластичность смеси уменьшается с увеличением содержания в ней непластичных веществ и наоборот.

В природе встречаются глины с самыми разнообразными степенями пластичности и связности, при чем наиболее пластичные глины всегда способны удержать и большее количество воды, но замачиваются труднее, чем не пластичные, и требуют для насыщения водою больше времени. По пластичности глины разделяют на 5 групп - от высокопластичных до непластичных. Глины с высокой пластичностью носят название глин "жирных", так как дают при осязании в замоченном состоянии впечатление жирного вещества. Глины непластичные или мало пластичные носят название "тощих". Жирная глина даже в состоянии блестящая с виду и скользка на ощупь. Глина тощая на ощупь шероховата, в сухом состоянии имеет поверхность матовую и при трении пальцем легко отделяет мелкие землистые пылинки.

Пластичностью называют свойство глин образовывать при затворении с водой тесто, способное под действием внешних усилий принимать любую форму и сохранять ее в процессе дальнейшей обработки (сушки и обжига).

Пластичное состояние глины характеризуют как промежуточное между хрупким (сухая глина) и текучим (глинистые суспензии) состояниями.

На пластичности глин основаны наиболее широко применяемые в практике способы формования керамических изделий, поэтому определение степени пластичности является одним из обязательных исследований, проводимых при анализе глин. Пластичность зависит от содержания воды в глине. Отличают пять характерных состояний смесей глины с водой:

1) верхний предел текучести, когда глиняное тесто легко течет;

2) нижний предел текучести, при котором две порции глиняного теста, помещенные в неглубокую чашку, при легком отрывистом постукивании рукой почти не сливаются на дне;

3) нормальная консистенция, или предел липкости (прилипания), - рабочее состояние глины, при котором она не пристает к руке и металлу;

4) состояние, при котором глина уже не раскатывается в нити;

5) состояние, при котором глина теряет связность и рассыпается при сдавливании.

Пластичность П (%) характеризуется так называемыми числами пластичности, представляющими разность между содержанием воды в глине, соответствующем нижней границе текучести (WT), и содержанием воды, соответствующем границе раскатывания, т.е. нижнему пределу пластичности (Wp), отнесенным к массе сухой глины:

П=WT-Wp,(1)

Поднять пластичность мало пластичной глины искусственными подмесями нет возможности, но понизить ее не трудно, а понижение это весьма часто бывает совершенно необходимым, ибо слишком жирная глина прилипает к форме и другим орудиям производства весьма сильно и трудно от них отстает; далее изделия из такой глины при высыхании обнаруживают весьма сильную усадку, т.е. сильно уменьшаются в размерах, что очень затрудняет их сушку, при которой изделия деформируются, и нередко получаются на них трещины. Песок, размолотый в порошок камень, обожженная и размолотая глина и др. подобные материалы вовсе непластичные могут служить для этой цели.

Обожженная и размолотая глина, носящая название шамота, как мы уже упоминали, также понижает пластичность глины. В то же время она увеличивает пористость изделий уменьшает их усадку и подымает огнеупорность.

Известь также понижает пластичность глины, но является вообще говоря, примесью нежелательной, а выше 18-20% и прямо вредной. Только при производстве каменного товара со сплавленным черепком известь всегда искусственно к глине прибавляется.

## Вопрос 3. Жидкое стекло: получение, свойства, область применения

ОТВЕТ.

Жидкое стекло - это водный раствор силиката натрия, воздушно вяжущее, изготавливаемое путем обжига смеси, состоящей из кварцевого песка и соды. Полученное стекло после дробления растворяют в воде. Натриевое жидкое стекло применяется при производстве бетонов со специальными свойствами (кислотоупорных, жаростойких), огнезащитных красок и других материалов.

Такой материал незаменим в химической промышленности для производства силикагеля, силиката свинца, метасиликата натрия. В строительстве жидкое стекло применяется для защиты фундаментов от грунтовых вод, гидроизоляции стен, полов и перекрытий подвальных помещений, устройства бассейнов. Но это не единственное предназначение "водного раствора силиката натрия". Он удачно подходит для склеивания и связки строительных материалов, изготовления кислотоупорных, огнестойких и огнеупорных силикатных масс. Им можно склеивать бумагу, картон, стекло, фарфор. Жидким стеклом можно пропитывать ткани, бумагу, картон и деревянные изделия для придания им большей плотности и огнестойкости. Материал успешно используется для изготовления силикатных красок, клеев, моющих и чистящих средств, в качестве защитного средства при обрезке и ранении деревьев.

Жидкое стекло применяется в мыловаренной, жировой, химической, машиностроительной, текстильной, бумажной промышленности, в том числе, для производства картонной тары. В черной металлургии - как связующий материал при изготовлении форм и стержней. В литейном производстве - в качестве флотационного реагента при обогащении полезных ископаемых.

Жидкое стекло также применяется для склеивания и связки всевозможных строительных материалов, стеклянных и фарфоровых изделий. Для склеивания и пропитки бумаги и картона, различных деревянных изделий и тканей с целью придания им большей прочности и огнеустойчивости. Используется для закрепления фундаментов различных сооружений и защиты их от грунтовых вод, а также при изготовлении кислотоупорных, огнеупорных силикатных масс. Кроме того, жидкое стекло можно использовать как добавку к цементным растворам при гидроизоляции полов, стен и перекрытий подвальных помещений, устройстве бассейнов (1л жидкого стекла на 10 л раствора). А также в качестве защитного средства при обрезке и ранении деревьев. Производится 1,3 л и 3,5 л. а также ведра 14 л и 22 л.

Установка для приготовления жидкого стекла описана ниже.

Установка состоит из автоклава, насосов, бункера, металлоконструкции, бака для жидкого стекла, сливного рукава, шиберного затвора, системы трубопроводов пара и жидкого стекла.

Раздробленные силикатные глыбы из бункера через шиберный затвор поступают в автоклав, где производится разогрев паром и варка жидкого стекла. Автоклав и система трубопроводов жидкого стекла теплоизолированы минераловатными плитами и пароизоляционным слоем песчано-цементной штукатурки толщиной 15 мм по металлической сетке с применением клеевой окраски. Толщина общего слоя изоляции 60 мм. Паропроводы теплоизолированы асбестовым шнуром.

Трубопроводы крепятся к металлоконструкции специальными хомутами. Для отбора проб служит специальный трубопровод. Готовое жидкое стекло через сливной рукав сливается в бак. Перекачка жидкого стекла из бака осуществляется насосом Ш8-25-5,8/2,5Б-3. Предусмотрена возможность перекачки непосредственно из автоклава и из бака в автоклав.

## Вопрос 4. Приведите примеры гидравлических добавок и укажите их назначение

ОТВЕТ.

Активная минеральная добавка к цементу - минеральная добавка к цементу, которая в тонкоизмельченном состоянии обладает гидравлическими или пуццоланическими свойствами /

Чаще всего активные минеральные гидравлические добавки применяются при изготовлении цемента для того. Чтобы придать ему разнообразные свойства. Рассмотрим примеры использования различные активных минеральных добавок при изготовлении цемента.

В результате использования разнообразных приемок направленного структурообразования сегодня на практике удается получить высококачественный многокомпонентный цементный камень, модифицированный минеральными и химическими добавками, на основе которого могут создаваться самые различные материалы:

при введении прочных заполнителей - высококачественные бетоны;

при введении тонкодисперсной газовой фазы и / или особо легких заполнителей - суперлегкие эффективные теплоизоляционные бетоны;

при введении дисперсных волокнистых наполнителей - фибробетоны повышенной эксплуатационной надежности;

при введении пигментов, наполнителей и заполнителей из отделочного камня, декоративного стеклобоя и других подобных материалов - архитектурно-декоративные бетоны;

при использовании отходов промышленности - "экологические" бетоны;

при использовании полимерных компонентов - полимербетоны и бетонополимеры различного назначения;

при применении специальных компонентов - специальные бетоны (защитные, электротехнические и другие).

Проблема проникновения грунтовой влаги внутрь эксплуатируемых помещений весьма актуальна для сооружений типа погребов, подвалов, подземных хранилищ и т.д. Очень остро она стоит перед метростроевцами. Сильно осложняет жизнь при сооружении различных гидротехнических объектов. И если во многих случаях фильтрующаяся влага не мешает нормальной эксплуатации подобных сооружений, то вымывание ею из бетонного камня гидроокисей кальция приводит к возникновению коррозионных процессов в бетоне и, в перспективе, потери им эксплуатационных характеристик. Бетоноведение накопило достаточно способов и приемов как бороться с фильтрующейся влагой. Воспользуемся ими и мы.

1. Необходимо спроектировать и уложить бетон определенного вида - гидротехнический бетон. Его главная особенность, если упрощенно, в том, что путем грамотного подбора заполнителей удается минимизировать пустоты по которым впоследствии сможет передвигаться влага. Чтобы уменьшить пустотность от "лишней" воды обязательно применение пластификаторов и суперпластификаторов. Примерная рецептура подобного бетона приведена ниже.

2. Необходимо в состав бетона обязательно вводить спец. добавки - уплотнители. Опять же очень грубо, принцип их работы в том, что бетон получается более плотным, после твердения в нем остается гораздо меньше пор и капилляров, по которым может проникать влага.

В качестве добавок-уплотнителей наиболее популярны в строительной практике следующие вещества:

хлорное железо;

силикаты натрия и калия (клей силикатный);

нитрат кальция (НК) (селитра кальциевая);

Лучше, проще, дешевле и эффективней (НК) - нитрат кальция. В дозировке 0.5 - 1 процент от массы цемента обеспечивает наилучшую водонепроницаемость бетона, интенсифицирует набор прочности и повышает конечную прочность на 20 - 30 процентов.

3. Весьма желательно вводить в бетон гидрофобные добавки.

например:

церезит - он же модифицированный олеат кальция. Можно изготовить в построечных условиях - известь 20 проц., + олеиновая кислота - 8 проц., + нашатырный спирт - 0.5 проц., + сернокислый алюминий - 5 проц., + вода - остальное.

Битумные эмульсии типа "Эмульбит" - можно изготовить в построечных условиях: битум - 60 проц. + ЛСТ - 5 проц., + вода остальное.

4. Весьма желательно вводить в бетон "набухающие" добавки. Они сравнительно дефицитны.

5. Весьма, весьма желательно вводить в бетон гидрофобизирующие добавки:

олеат натрия;

абиетат натрия, он же "Винсол", он же "СНВ", он же (с определенной натяжкой "СДО";

и т.д.

Особенно хороши в этом отношении кремнийорганические гидрофобизаторы, гостированные, наши - ГКЖ-10, ГКЖ-11Н, ГКЖ-11К, ГКЖ-94, ГКЖ-94М, АМСР-3 и т.д. Реальная, а не декларируемая эффективность подтверждена в самых суровых климатических условиях.

## Вопрос 5. Что такое термозит, каковы его свойства и для каких целей применяется в строительстве

ОТВЕТ.

Термозит - шлаковая пемза.

Шлаковая пемза является искусственным пористым материалом.

Благодаря своим универсальным физико-механическим и теплотехническим свойствам шлаковая пемза применяется:

Как заполнитель в лёгких бетонах,

В теплоизоляционно-конструкционных и высокопрочных мелкозернистых бетонах;

Как утеплитель для кровельно-промышленных и гражданских зданий, тёплых полов;

В смесях для дорожных одежд;

В виде тонкомолотых добавок в цементные и асфальтовые бетоны;

В производстве минераловатных изделий

Шлаковая пемза выпускается двух фракций: 0-5 мм и 5-20 мм, отгружается потребителям по ГОСТ 9757 со следующими характеристиками:

насыпной плотностью следующих марок 600-1000;

прочностью П75-П150;

пористостью - 40-45%;

коэффициентом формы зёрен 1,8-2,0;

устойчивой структурой против силикатного распада;

морозостойкостью Мрз 15 и выше.

Шлаковая пемза (Аэф = 64+-11 бк / кг) относится к первому классу строительных материалов в соответствии с ГОСТ 30108-94, может использоваться в строительстве без ограничений.

Термозит производится из каменноугольных или коксовых шлаков доменных печей. Представляет собой гравиеподобный пористый материал. Как субстрат для разведения комнатных растений неидеален, так как обладает следующими недостатками:

частицы термозита имеют острые края, что делает его небезопасным в применении, - характеризуется высокой щелочностью (до 43% СаО).

Оба недостатка можно устранить. В первом случае к термозиту рекомендуется добавить 10% кварцевого песка. Песок вводят в субстрат перед обработкой.

Во втором случае, как и вулканические породы, термозит подвергают предварительной обработке с целью удаления из него ядовитых веществ (соединений серы и извести).

Для того, чтобы определить, содержит ли термозит серу или известь, необходимо провести следующий опыт. В стеклянную банку кладут около 1 л шлака, во другую банку наливают 0,5 л воды, в которую затем осторожно вводят такое же количество серной кислоты. Разведенную серную кислоту вливают в банку со шлаком и смотрят, появится ли на поверхности раствора пена, (пузырьки газа с запахом тухлых яиц). Если да, то шлак необходимо выдерживать в серном растворе до тех пор, пока он не перестанет выделять пузырьки газа, после чего шлак загружают на длительное время в чистую воду и затем промывают в проточной воде. Для проверки полноты удаления остатков серной кислоты в воду, в которой промывался шлак, опускают лакмусовую бумажку. Если бумажка показывает нейтральную или слабокислую реакцию, значит, термозит готов для дальнейшего употребления.

Впервые в конце 1960-х годов термозит начали применять для промышленных целей в таких областях, как различные типы свай, шпунтованные сваи, анкерные сваи, Вертикальные Опорные Элементы (ВОВ), трубы, трубопроводы, границы зон облучения и т.п.

Применение изготовляемого термозита получило широкое признание в ряде мест континентальной части Соединенных Штатов в качестве альтернативного средства забутовки вокруг опор электропередач, свай и анкерных опор. Сваи и ВОЭ крепятся в стволах, пробуренных обычным способом, а затем заранее отмеренное количество термозита заливается или впрыскивается в стволы. Жидкий термозит немедленно начинает реагировать и расширяется до 15 раз по сравнению с исходным объектом, а затем затвердевает. В течение десяти минут свая или ВОЭ дают усадку и их можно освободить.

В 1974 году сообщалось, что термозит был успешно применен для установки 200 свай для гидроэлектростанции при температуре - 10 градусов и ветре 40 миль в час. Прочность сжатия превышала 100 фунтов на квадратный дюйм (ф / кв. д).

Исследования компаний показали, что частичное заглубление в почву покрытых термозитом панелей на десять лет "продемонстрировало незначительное повреждение термозита и уложенного металла, защищенного термозита.

Применение термозита в течение двадцати пяти лет для конструкций как в условиях США, так и в районах с низкой температурой при установке ВОЭ продемонстрировало следующие общие преимущества, которые дает использование термозита в качестве забутовочного материала.

Экологическая чистота .

Отсутствие фреона.

Соответствие требованиям EPA в отношении выщелачивания Предотвращение проникновения средств защиты дерева через термозит в землю Покрываемый термозитом материал химически инертен.

Структурная сообразность .

Повышенная прочность отвесного пояса.

Прочность пояса не зависит от температуры.

Большая устойчивость во времени.

Повышенный срок службы сваи Сокращает гниение / коррозию у поверхности земли Поддерживает сохранение защитного состава дерева в свае.

Быстрая забутовка.

Меньше времени на усадку.

Значительно меньше затраты на перевозку забутовочных материалов.

Отсутствие времени на разморозку.

Значительное сокращение трудовых затрат.

Механические свойства термозита:

1. Неограниченная прочность на сжатие 75 ф / кв. д

2. Прочность на растяжение 64 ф / кв. д

3. Прочность сцепления 37 ф / кв. д

4. Модуль Юнга 1500 ф / кв. д

5. Тепловые свойства

6. Коэффициент теплопроводности К 0,255 (БТЕ / час / фут2/F / дюйм)

примерно при 75 F

7. Коэффициент теплового расширения 40 х 10-6 на F

8. Эксплуатационные параметры

9. Температура, верхний предел 225-250 F

10. Температура, нижний предел - 300 F

Электрические свойства термозит.

1. Диэлектрическая постоянная 1000 сантипуаз 1,04

2. Косвенные потери 0,05

Таблица 1

Устойчивость к воздействия химических веществ

|  |  |
| --- | --- |
| Вода | отличные |
| Рассол, 10% | хорошие |
| Рассол, насыщенный | хорошие |
| Серная кислота, 10% | хорошие |
| Серная кислота, концентрированная | плохие |
| Азотная кислота, концентрированная | плохие |
| Соляная кислота, 10% | хорошие |
| Соляная кислота, концентрированная | плохие |
| Гидроокись алюминия, 10% | хорошие |
| Аммония, концентрированный | хорошие |

Таблица 2

Устойчивость к воздействию растворителей

|  |  |
| --- | --- |
| Большинство алифатических, алициклических углеводородов | хорошие |
| Устойчивость к воздействию плесени | отличная |

## 2. Практическая часть

## Задача 1

УСЛОВИЕ ЗАДАЧИ.

Определите пористость горной породы, если известно, что ее водопоглощение по объему в 1,7 раза больше водопоглощения по массе, а плотность твердого вещества равна 2,6 г / см3.

РЕШЕНИЕ

Водопоглащение по массе равно:

Вп м = М в / М пл,(2)

где М воды - масса воды в горной породе при ее насыщении, г

М пл - масса горной породы в сухом состоянии, г

2) водопоглощение по объему равно:

Вп о = М воды / Об пл,(3)

где Об пл - объем горной породы в сухом состоянии без учета объема пор, см3

3) Так как,

Вп о = 1,7 \* Вп м,(4)

М воды / Об пл = 1,7 8 М воды / М пл,

Отсюда, М пл / Об пл = 1,7

4) Пористость определяется формулой:

По = (1-(р пл / р 0) \*100,(5)

где р0 - средняя плотность горной породы (2,6 г / см3)

р пл = М пл / Об пл - плотность абсолютно твердой горной породы, г / см3

р пл = 1,7 г / см3

5) Тогда

По = (1-1,7/2,6) \*100 = 34,6 (%)

ОТВЕТ

Пористость горной породы равна 34,6%.

## Задача 2

УСЛОВИЕ ЗАДАЧИ.

Определите пористость цементного камня при водопроцентном отношении В / Ц =0,6, если химически связанная вода составляет 16% от массы цемента, плотность которого 3,1 г / см3.

РЕШЕНИЕ

1) Пористость равна:

П о = (М воды) / р воды\* (В воды + В цем),(6)

где р воды - плотность воды (1 г / см3)

М воды - масса воды, г

В воды - объем воды, см3

В цем - объем цемента, см3

Тогда,

По = М воды / (В воды + В цем),(7)

2) В воды = М воды / р воды,(8)

Так как р воды = 1 г / см3, то:

В воды = М воды

3) В цем = М цем / р цем,(9)

где М цем - масса цемента, г

Р цем - плотность цемента (3,1 г / см3)

4) По условию задачи

М воды = 0,16 М цем

Тогда,

По = 0,16 М цем / (0,16 М цем + М цем / 3,1)

По = 0,16 М цем / 0,483 М цем = 0,33 или 33 (%)

ОТВЕТ

Пористость цементного камня равна 33%.

## Список литературы

1. Геллер Ю.А. Материаловедение. - М.: Металлургия, 1989. - 455 с.
2. Гуляев А.П. Металловедение. - М.: Металлургия, 1986. - 544 с.
3. Козлов Ю.С. Материаловедение. - М.: Агар, 1999. - 180 с.
4. Лахтин Ю.М. Материаловедение. - М.: Машиностроение, 1993. - 448 с.
5. Материаловедение: Учеб. для вузов / Под ред. Арзамасова Б.Н., Мухина Б.Н. - М.: МГТУ им. Баумана Н.Э, 2001. - 646 с.