

Тема № 9

Цимент

Определяне на физични свойства

доц. д-р инж. И. Ростовски

**Упражнения по „Строителни материали“
Тема №9 Цимент. Определяне на физични свойства**

Класификация на цимента

Типове	Означаване на 27-те продукта (подтипове обикновен цимент)		Състав (проценти масата ^{а)})										Допълнителни компоненти		
			Основни компоненти												
			Клинкер	Доменна шлака	Микросилициев прах	Пуцоланови добавки		летяща пепел		Печени шисти	Варовик				
			естественни	естествени калцинирани	силициева	варосъдържаща		L	LL						
			K	S	D	P	Q	V	W	T	L	LL			
CEM I	Портландцимент	CEM I	95 - 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5		
	Шлакопортландцимент	CEM II/A-S	80 - 94	6 - 20	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5		
		CEM II/B-S	65 - 79	21 - 35	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5		
CEM II	Портландцимент с микросилициев прах	CEM II/A-D	90 - 94	-	6 - 10	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5		
		CEM II/A-P	80 - 94	-	-	6 - 20	-	-	-	-	-	-	0 - 5		
		CEM II/B-P	65 - 79	-	-	21 - 35	-	-	-	-	-	-	0 - 5		
	Пуцоланов портландцимент	CEM II/A-Q	80 - 94	-	-	-	6 - 20	-	-	-	-	-	0 - 5		
		CEM II/B-Q	65 - 79	-	-	-	21 - 35	-	-	-	-	-	0 - 5		
		CEM II/A-V	80 - 94	-	-	-	-	6 - 20	-	-	-	-	0 - 5		
	Пепелен портландцимент	CEM II/B-V	65 - 79	-	-	-	-	21 - 35	-	-	-	-	0 - 5		
		CEM II/A-W	80 - 94	-	-	-	-	-	6 - 20	-	-	-	0 - 5		
		CEM II/B-W	65 - 79	-	-	-	-	-	21 - 35	-	-	-	0 - 5		
	Портландцимент с печени шисти	CEM II/A-T	80 - 94	-	-	-	-	-	-	-	6 - 20	-	-	0 - 5	
		CEM II/B-T	65 - 79	-	-	-	-	-	-	-	21 - 35	-	-	0 - 5	
		CEM II/A-L	80 - 94	-	-	-	-	-	-	-	-	6 - 20	-	0 - 5	
	Варовиков портландцимент	CEM II/B-L	65 - 79	-	-	-	-	-	-	-	-	21 - 35	-	0 - 5	
		CEM II/A-LL	80 - 94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6 - 20	0 - 5	
		CEM II/B-LL	65 - 79	-	-	-	-	-	-	-	-	21 - 35	21 - 35	0 - 5	
Смесен портландцимент	CEM II/A-M	80 - 94	←----- 6 - 20 -----→										0 - 5		
	CEM II/B-M	65 - 79	←----- 21 - 35 -----→										0 - 5		
CEM III	Шлаков цимент	CEM III/A	35 - 64	36 - 65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5	
		CEM III/B	20 - 34	66 - 80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5	
		CEM III/C	5 - 19	81 - 95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0 - 5	
CEM IV	Пуцоланов цимент	CEM IV/A	65 - 89	-	←----- 11 - 35 -----→										0 - 5
		CEM IV/B	45 - 64	-	←----- 36 - 55 -----→										0 - 5
CEM V	Смесен Цимент	CEM V/A	40 - 64	18 - 30	-	←----- 18 - 30 -----→				-	-	-	-	0 - 5	
		CEM V/B	20 - 38	31 - 50	-	←----- 31 - 50 -----→				-	-	-	-	0 - 5	

Упражнения по „Строителни материали“
Тема №9 Цимент. Определяне на физични свойства

Сульфатоустойчив цимент

Основни типове	Означение на продуктите		Състав (в проценти по маса)				
			Основни компоненти				Второстепенни допълнителни компоненти
			Клинкер К	Гранулирана доменна шлака S	Естествени пуцоланови добавки P	Силициева летяща пепел V	
CEM I	Сульфатоустойчив порцеланцимент	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3 CEM I-SR 5	95 - 100				0 - 5
CEM III	Сульфатоустойчив шлаков цимент	CEM III/B-SR	20 - 34	66 - 80			0 - 5
		CEM III/C-SR	5 - 19	81 - 95			0 - 5
CEM IV	Сульфатоустойчив пуцолано цимент	CEM IV/A-SR	65 - 79		----- 21 – 35 -----		0 - 5
		CEM IV/B-SR	45 - 64		----- 36 – 55 -----		0 - 5

Нискотермичен цимент – топлина на хидратация до 270 J/g

Минерални добавки към цимента, използвани в България

- Гранулирана доменна шлака (S)

Гранулираната доменна шлака се получава чрез бързо охлаждане на стопена шлака с подходящ състав, получена при стапяне на желязна руда в доменна пещ и съдържа най-малко две трети масови части стъкловидна фаза, като притежава хидравлични свойства при подходящо активиране.

Сумата от калциев оксид (CaO), магнезиев оксид (MgO) и силициев диоксид (SiO₂) трябва да бъде поне две трети от масата на гранулираната доменна шлака. Остатъкът съдържа алуминиев оксид (Al₂O₃) и малко количество други съединения. Отношението на масите $(CaO + MgO) / (SiO_2)$ трябва да е по-голямо от 1,0.

Пуцоланови материали (P - естествени, Q - изкуствени)

Пуцолановите материали са естествени продукти със силициево или силициево–алуминатен състав или смес от тях.

Пуцолановите материали не се втвърдяват сами при смесване с вода, но когато са фино смлени и в присъствие на вода, те реагират при нормална температура на средата с разтворимия калциев хидроксид ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) и образуват калциеви силикати и калциеви алуминати със свързващи свойства. Тези съединения са подобни на получаваните при втвърдяването на хидравличните материали. Пуцоланите трябва да се състоят главно от реактивоспособен силициев диоксид (SiO_2) и реактивоспособен алуминиев оксид (Al_2O_3). Остатъкът съдържа железен оксид (Fe_2O_3) и други оксиди. Количеството на реактивоспособния калциев оксид е пренебрежимо малко за втвърдяването. Съдържанието на реактивоспособен силициев диоксид не трябва да бъде по-малко от 25,0 % от масата.

Силициеви летящи пепели (V)

Силициевата летяща пепел е фин прах от предимно сферични частици, които притежават пуцоланови свойства. Тя трябва да се състои основно от реактивоспособни силициев диоксид (SiO_2) и алуминиев оксид (Al_2O_3). Остатъкът съдържа железен оксид (Fe_2O_3) и други съединения.

Количеството на реактивоспособния калциев оксид трябва да е по-малко от 10,0 % от масата, съдържанието на свободен калциев оксид не трябва да бъде повече от 1,0% от масата. Летящите пепели със съдържание на свободен калциев оксид повече от 1,0% от масата, но не по-малко от 2,5% от масата, също може да се използват, при условие, че изискването за разширение (обемопостоянство) не надвишава 10 mm при изпитване в съответствие с EN 196-3 при използване на смес от 30% от масата силициева летяща пепел и 70% от масата цимент CEM I, удовлетворяващ EN 197-1.

Съдържанието на реактивоспособен силициев диоксид не трябва да е по-малко от 25,0% от масата.

Варовик (L, LL)

Варовикът трябва да отговаря на следните изисквания:

- Съдържанието на калциев карбонат (CaCO_3), изчислено въз основа на съдържанието на калциев оксид, трябва да бъде най-малко 75 % от масата;
- Съдържание на глина не трябва да надвишава 1,20 g/100 g. За това изпитване варовикът се смела до ситност около 5000 cm^2/g , определена като специфична повърхност в съответствие с EN 196–6;
- Съдържанието на общ органичен въглерод (ТОС) трябва да удовлетворява един от следните критерии:

LL: не трябва да надвишава 0,20 % от масата;

L: не трябва да надвишава 0,50 % от масата.

1. Вземане на проба – БДС EN 196-7:2008

Основни понятия

Поръчка – количество цимент, което е обект на еднократна заявка, съответно от един и същ производител (или склад за разпределение). Тя може да се състои от една или повече доставки за определен период от време.

Доставка – количество цимент, доставено за определено време от един и същ производител (или склад за разпределение). Тя може да се състои от една или повече партии.

Партида – количество цимент, произведено при предполагаемо еднакви условия. След проведени изпитвания (главно по БДС EN 197-2) това количество се счита като цяло за „съответстващо“ или „несъответстващо“ на стандартите или изискванията по договора.

Единична проба – количество цимент, което е взето на един път с използвания уред за вземане на проба.

1. Вземане на проба – БДС EN 196-7:2008

Основни понятия

Проба за изпитване(общ термин) – количество цимент, взето случайно или в съответствие с плана за вземане на проби от едно голямо количество (силоза, торби, вагони, камиони и др.) или от определена партида, предназначено за съответните изпитвания. Пробата може да се състои от една или повече единични проби.

Локална проба – пробата, взета по едно и също време от едно и също място, чиято маса е достатъчна за предвидените изпитвания. Тя може да се получи от една или повече непосредствено взети единични проби.

Обединена проба – хомогенна смес от локални проби, взети

а)от различни места или

б)в различно време

от по-голямо количество един и същ цимент, получена чрез пълно хомогенизиране на локални проби и, ако е необходимо, чрез намаляване на количеството на получената смес.

1. Вземане на проба – БДС EN 196-7:2008

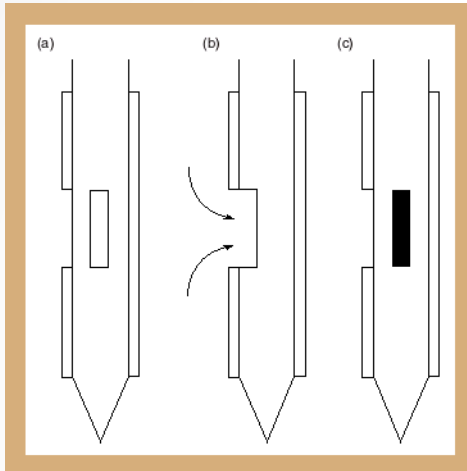
Основни понятия

Лабораторна проба – проба, получена чрез пълно хомогенизиране, а, ако е необходимо, и чрез намаляване на количеството на по-голяма проба (локална или обединена проба) и предназначена за използване при изпитвания в лабораторни условия.

Контролна проба – проба, която се пази за възможно следващо изпитване, в случай че резултатите от проведените изпитвания на лабораторните проби са довели до съмнение или спор. Контролната проба в най-общия случай е остатъкът от лабораторната проба след провеждане на първите серии на изпитванията.

Арбитражна проба – проба, която систематично се взема от редовните доставки (например при големи строежи), ако е необходимо в присъствието на всички заинтересовани страни. Тя се използва за евентуално изпитване в случай на съмнение или спор, или при последвали проблеми.

Упражнения по „Строителни материали“
Тема № 9 Цимент. Определяне на физични свойства



Принципна схема и общ вид на прибор за вземане на проба от цимент

Вземането на проби от цимента, може да се осъществи по един от следните начини:

- **Вземане на проба за изпитване от цимент, транспортиран в насипно състояние;**
- **Вземане на проба за изпитване при пълнене на циментовоз или силоз;**
- **Вземане на проба за изпитване от силоз.**

2. Стандартна консистенция БДС EN 196-3:2016

Циментова паста със стандартна консистенция има определено съпротивление при проникване на стандартен накрайник. Водата необходима за такава паста се определя чрез няколко изпитвания за проникване в паста с различни количества на водата.

Използва се ръчният уред на Vicat с накрайник във форма на прав цилиндър, с ефективна дължина поне 45 mm и диаметър $(10,00 \pm 0,05)$ mm. Общата маса на подвижните части трябва да бъде (300 ± 1) g. Тяхното движение трябва да бъде строго вертикално и без значително триене, а оста им трябва да съвпада с тази на накрайника.

Формата на Vicat, в която се поставя изпитваната паста, трябва да бъде от твърда гума, пластмаса или бронз. Тя трябва да има цилиндрична форма, или за предпочитане форма на пресечен конус, с дълбочина $(40 \pm 0,2)$ mm и вътрешен диаметър (75 ± 10) mm. Формата трябва да бъде с достатъчна коравина и да бъде комплектувана с плочка за основа, с размери по-големи от нея, с дебелина най-малко 2,5 mm, изработена от непропусклив материал, устойчив на въздействие от циментова паста, напр. плоско стъкло.

Упражнения по „Строителни материали“
Тема № 9 Цимент. Определяне на физични свойства

Претеглят се с помощта на везна 500 g цимент с точност ± 1 g и определено количество вода, например 125 g. Всеки замес се разбърква механично като се използва бъркалка. Времетраенето на отделните етапи на разбъркване се отнася до времето, при което електрозахранването се включва/изключва и трябва да се поддържа в границите на ± 2 s.

С бъркалка в действие:

a) циментът и водата се поставят в чашата, така че да се избегне загуба на вода или цимент; добавянето се извършва за 10 s.

b) незабавно се включва бъркалката на ниска скорост, като започва отчитането на времетраенето на етапите на разбъркване. Допълнително се отбелязва времето с точност до минута като “нулево време”.

c) бъркалката се спира след 90 s за 30 s и с помощта на подходяща гумена или пластмасова стъргалка се отстранява цялата паста прилепнала до стената и дъното на чашата и се поставя в средата на чашата.

d) бъркалката се включва отново и се върти на бавни обороти за още 90 s. Общото време за работа на бъркалката трябва да бъде 3 min.

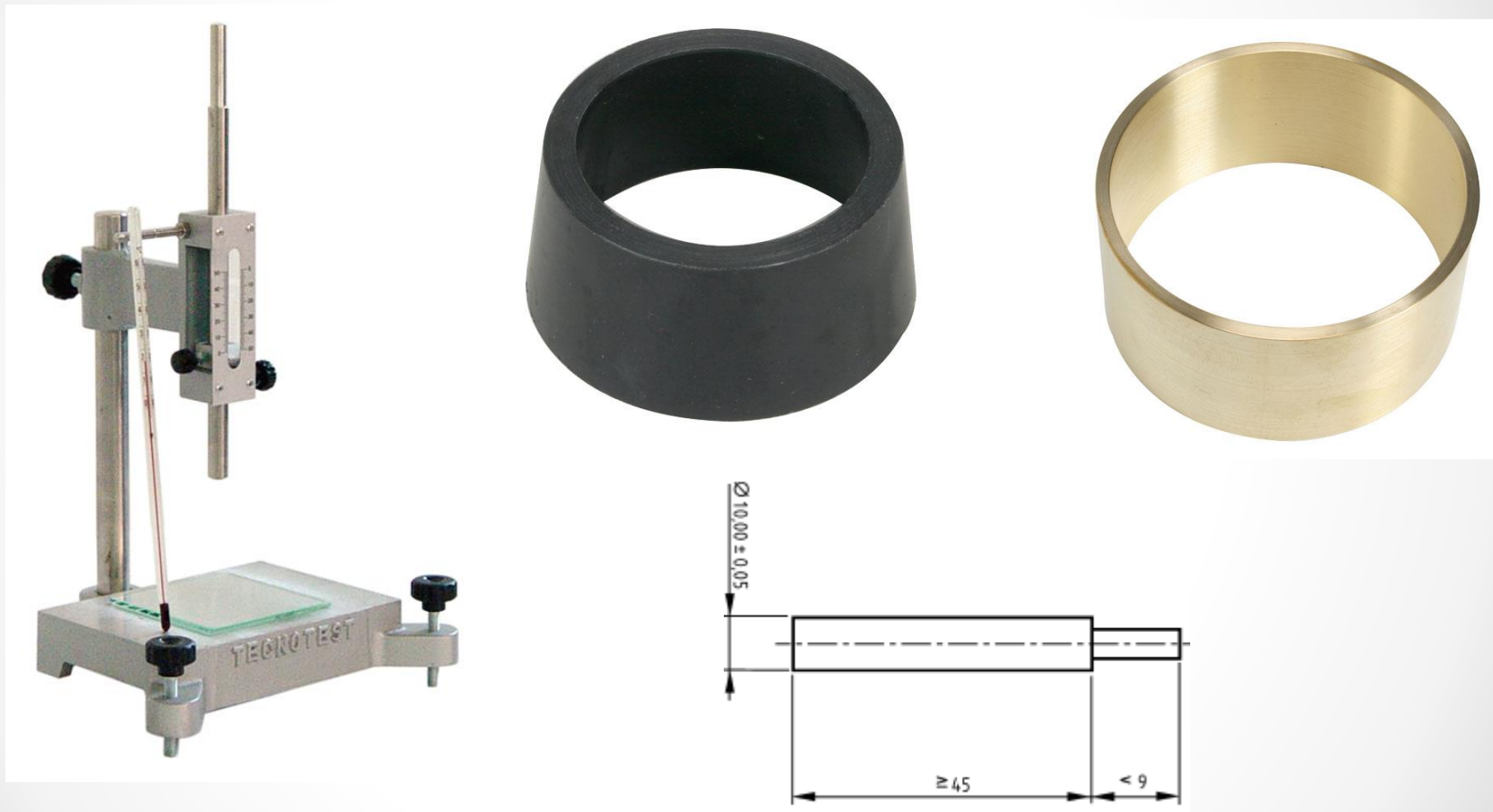
Упражнения по „Строителни материали“
Тема № 9 Цимент. Определяне на физични свойства

Пастата незабавно се прехвърля във формата, която предварително е поставена върху леко смазаната стъклена плочка, и формата се запълва с излишък, без прекомерно стръскване или вибриране. Всички празнини в пастата се отстраняват чрез внимателно почукване на леко препълнената форма върху юмука на ръката. Излишъкът се отстранява.

Веднага след заглаждане на пастата, плочката заедно с формата се поставят на уреда на Vicat, така че крайникът да се намира в центъра на формата. Крайникът се сваля внимателно надолу, докато докосне повърхността на пастата. Задържа се в това състояние между 1 s и 2 s, за да се избегне началната скорост или прекомерното ускорение на подвижните части. След това подвижните части се освобождават бързо и се оставя крайникът да потъне вертикално в центъра на пастата. Освобождаването на крайника трябва да стане $4 \text{ min} \pm 10 \text{ s}$ след началото на отчитане на времето (нулевото време). Отчита се показанието по скалата поне 5 s след спиране на потъването на крайника, или 30 s след пускането му, като определящо е по-ранното от двете.

Изпитването се повтаря с пасти, съдържащи различно количество вода, докато се открие такава, при която разстоянието между крайника и плочката на основата е $(6 \pm 2) \text{ mm}$. Това количество вода, с точност до 0,5 %, се приема като водата необходима за получаване на паста със стандартна консистенция.

Упражнения по „Строителни материали“
Тема № 9 Цимент. Определяне на физични свойства



3. Времена на свързване БДС EN 196-3:2016

а) начало на свързване;

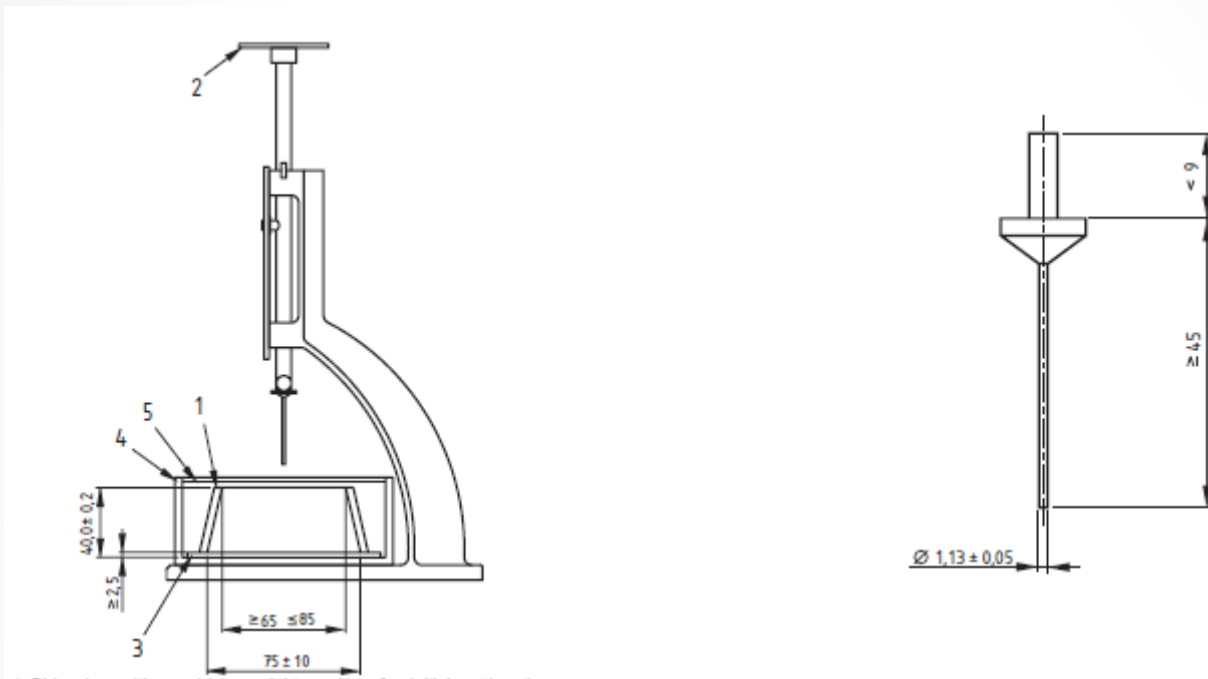
Запълва се форма на Vicat с паста със стандартна консистенция.

Запълнената форма с плочата на основата ѝ се поставят в съд, прибавя се вода, така че повърхността на пастата да бъде под вода на дълбочина поне 5 mm и се съхранява в термостатичен резервоар с контролирана температура при $(20,0 \pm 1,0)^\circ\text{C}$. След определено време, формата, плочката на основата и съда се прехвърлят под иглата на уреда на Vicat. Иглата се спуска бавно, докато докосне повърхността на пастата. Задържа се в това положение между 1 s и 2 s, за да се избегне началната скорост или прекаленото ускоряване на подвижните части. След това подвижните части бързо се освобождават и иглата се оставя да проникне вертикално в пастата. Отчита се показанието на скалата, когато потъването е спряло, или 30 s след пускането на иглата, като определящо е по-ранното от двете.

Изпитването се повтаря върху същата проба през подходящи интервали от време, например през 10 min, на подходящо разположени позиции на разстояние не по-малко от 8 mm от ръба на формата или 5 mm едно от друго и не по-малко от 10 mm от мястото на предишното изпитване за определяне на потъването. Между различните изпитвания за определяне на потъването, пробата се държи в съд в термостатичния резервоар с контролирана.

За време на начало на свързване на цимента се записва, с точност 5 min, изминалото време, измерено от началото на отчитането до момента, в който разстоянието между иглата и плочката на основата е (6 ± 3) mm.

Упражнения по „Строителни материали“
Тема № 9 Цимент. Определяне на физични свойства



Легенда

1 – Форма; 2 - Коригираща маса; 3 - Основна плоча;
4 – Съд; 5 – Вода.

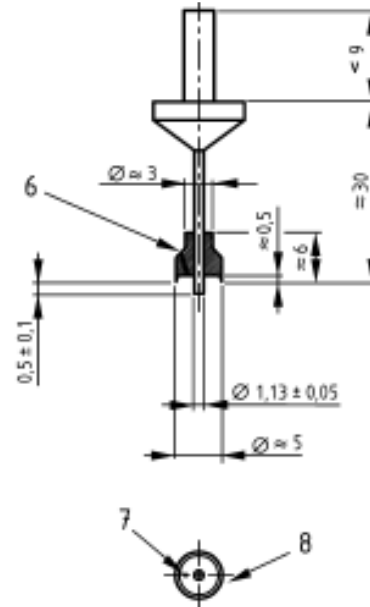
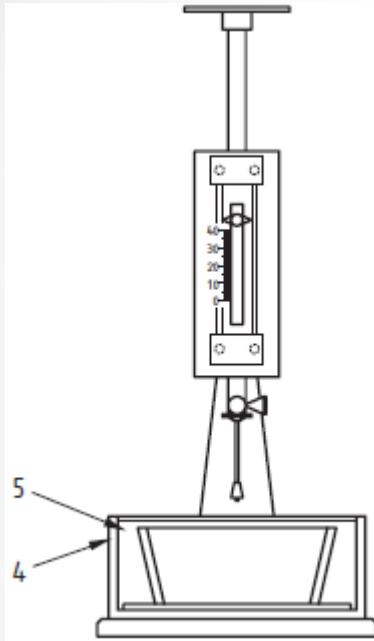
3. Времена на свързване БДС EN 196-3:2016

б) край на свързване;

Запълнената форма се обръща върху плочката на основата си, така че опитите за определяне на края на свързването да се правят по долната част на пробата, която първоначално е била в контакт с плочката на основата. Потапят се формата и плочката на основата в съда и се съхраняват в термостатичния резервоар с контролирана температура при температура $(20,0 \pm 1,0)^\circ\text{C}$. След определено време, формата, плочката на основата и съда се прехвърлят под иглата на уреда на Vicat. Иглата се спуска бавно, докато докосне повърхността на пастата. Задържа се в това положение между 1 s и 2 s, за да се избегне началната скорост или прекаленото ускоряване на подвижните части. След това подвижните части бързо се освобождават и иглата се оставя да проникне вертикално в пастата. Отчита се показанието на скалата, когато потъването е спряло, или 30 s след пускането на иглата, като определящо е по-ранното от двете.

Записва се времето, при което иглата за пръв път прониква само 0,5 mm в пробата и времето от началото на отчитането. Това е времето, при което пръстеновидното приспособление за пръв път не оставя отпечатък върху пробата, и може точно да се установи чрез намаляване на интервала от време между изпитванията за определяне на проникването, в близост до момента на края на свързване. Краят на времето на свързване се потвърждава чрез отчитане поне на още две места.

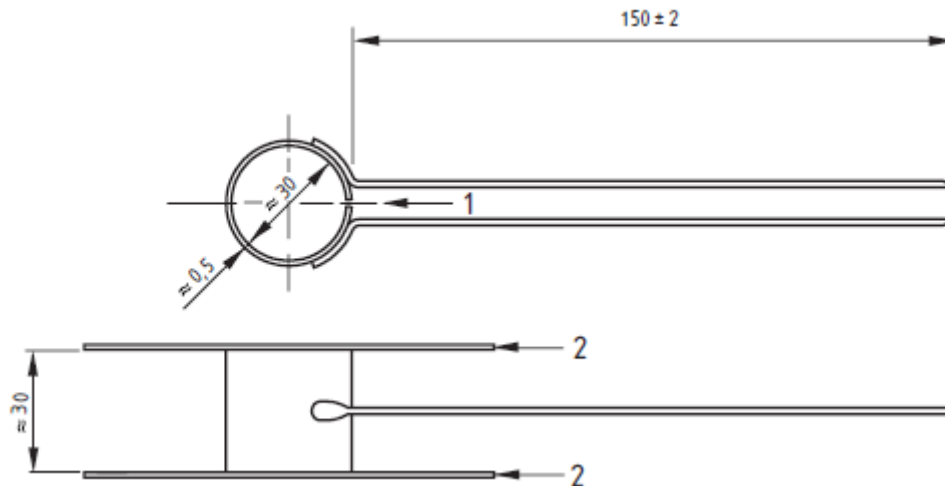
Упражнения по „Строителни материали“
Тема № 9 Цимент. Определяне на физични свойства



Легенда

- 1 – Форма; 2 - Коригираща маса; 3 - Основна плоча;
4 – Съд; 5 – Вода; 6 Въздушен луфт ($\text{Ø} \approx 1,5$); 7 - Въздушен луфт
8 - Поглед от долната страна на иглата с приспособление за определяне на времето на края на свързване.

4. Обемнопостоянство БДС EN 196-3:2016



Легенда

1 - Прорез

2 - Покриваща плочка

Упражнения по „Строителни материали“
Тема № 9 Цимент. Определяне на физични свойства

Подготвя се циментова паста със стандартна консистенция. Поставя се леко омаслена форма на Le Chatelier върху леко омаслена долна плочка и веднага се запълва само ръчно, без прекомерно стръскване или вибриране и, ако е необходимо, с помощта на правоъгълна линия се заглажда горната повърхност.

Формата се покрива с леко омаслена покривна плочка, поставя се допълнителната маса, ако е необходимо, и след това целият комплект веднага се поставя във влажна камера. Остава се там $24 \text{ h} \pm 30 \text{ min}$ при температура $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ и относителна влажност не по-ниска от 90 %.

В края на периода от $24 \text{ h} \pm 30 \text{ min}$ се измерва разстоянието (A) между индикаторните точки с точност 0,5 mm. След това формата се загрява бавно до кипене за $(30 \pm 5) \text{ min}$ и се поддържа водната баня при кипене в продължение на $3 \text{ h} \pm 5 \text{ min}$.

В края на периода на кипене може да се измери разстоянието (B) между индикаторните точки с точност 0,5 mm.

Горещата форма се изважда и се охлажда до температурата в лабораторията. Измерва се разстоянието (C) между индикаторните точки с точност 0,5 mm.

Записват се измерванията A и C и се изчислява разликата $(C - A)$ с точност до милиметър, **получената стойност не трябва да надвишава 10 mm.**

5. Определяне на ситност БДС EN 196-6:2010

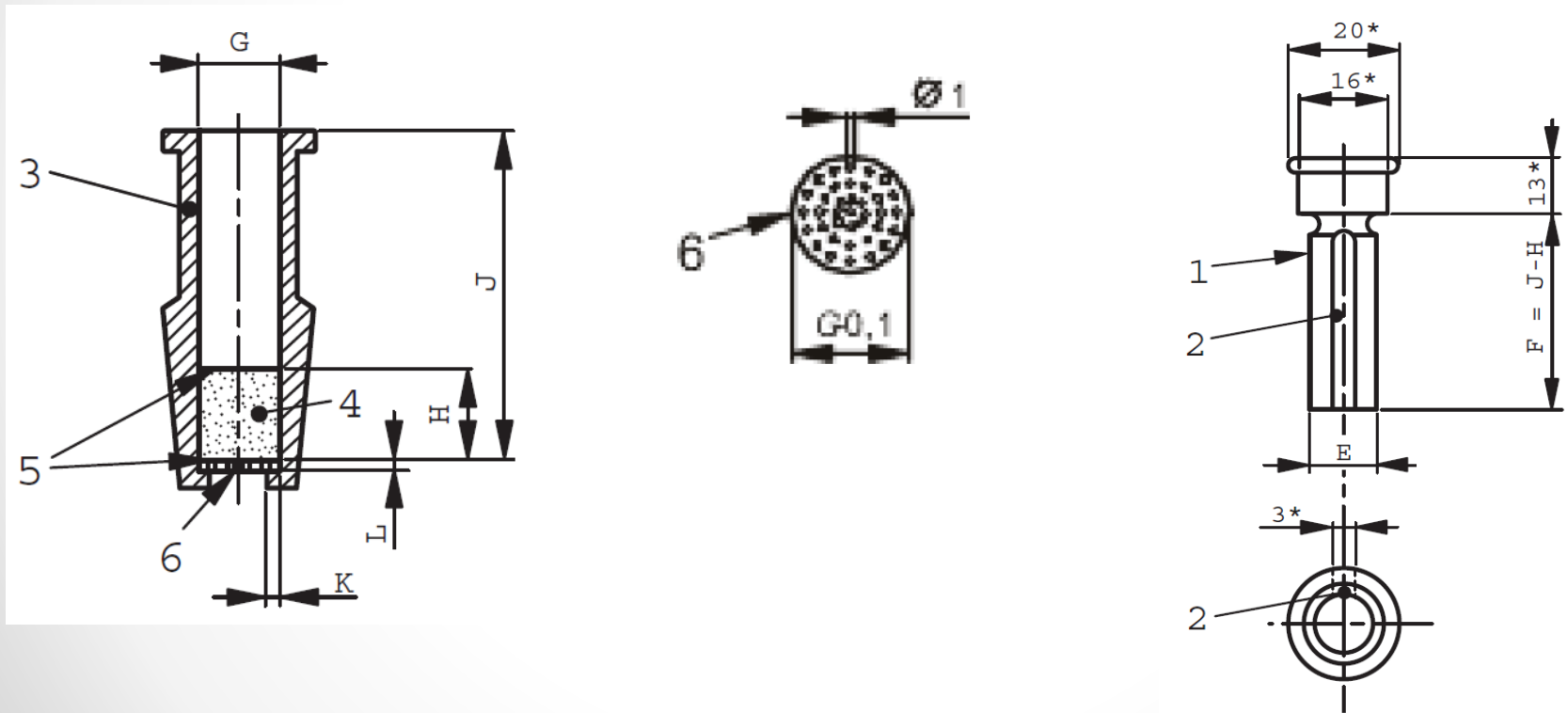
а)метод чрез пресяване

Използват се кръгли сита с номинален диаметър 150 mm или 200mm от твърда, трайна и устойчива на корозия рамка. Ситата са с дълбочина 40-100 mm и размер на отворите 90 μm .

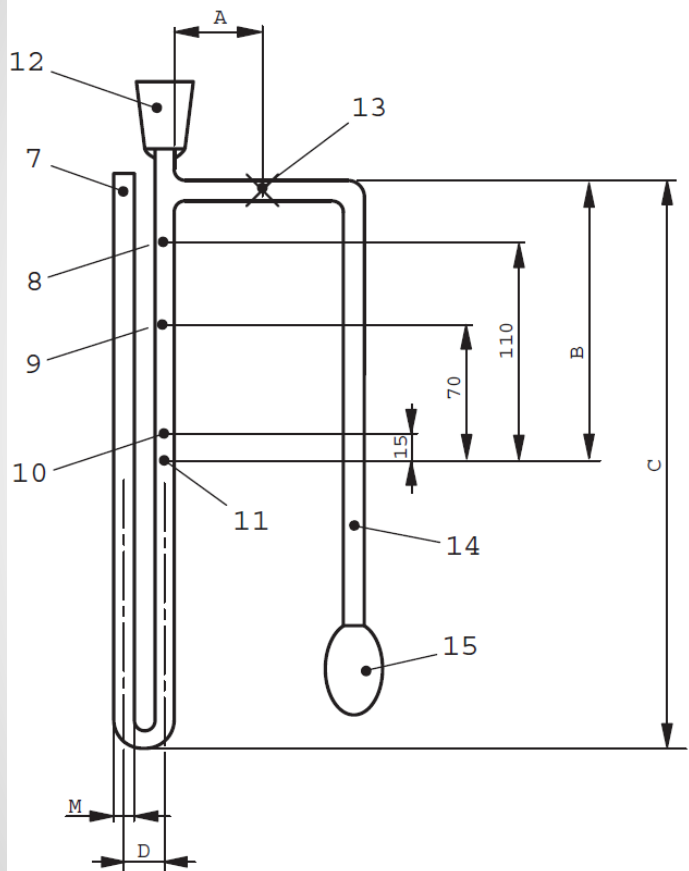
Претеглят се 25 g цимент с точност 0,01g и се поставя в ситото с размер на клетката 90 μm . Диспергират се наличните агломерати, монтира се капака на ситото и същото се задвижва с въртеливи орбитални и линейни движения. Пресяването се извършва ръчно, като алтернативно пресяването може да се извършва и механично. Механичното пресяване продължава 5 - 7 min. Пресяването се смята за завършено, когато при пресяване в продължение на 2 min през ситото преминава незначително количество цимент, което не надвишава 0,1g. Остатъкът от ситото се отстранява, претегля се и неговата маса се изразява като процент R1 от пресяваното количество с точност 0,1%. С четка се почиства полепналия по ситото материал и опита се повтаря с нови 10 g цимент. Новият резултат се означава с R2. Изчислява се средно аритметичната стойност от двата резултата R с точност 0,1%. При разлика от двата опитни резултата по-голяма от 1% се прави трето измерване и се изчислява средноаритметичната стойност от трите опитни резултата.

5. Определяне на ситност БДС EN 196-6:2010

а) метод чрез пропускливост на въздух – метод на Блейн (Blaine)



**Упражнения по „Строителни материали“
Тема № 9 Цимент. Определяне на физични свойства**



№	Описание
1	Бутало
2	Жлеб за въздух
3	Клетка (гилза)
4	Уплътнена проба от цимент
5	Диск от филтърна хартия
6	Перфориран диск
7	Манометър
8, 9, 10 и 11	Гравирани марки
12	Конично гнездо за клетката
13	Клапан
14	Гумен маркуч
15	Помпа

Упражнения по „Строителни материали“
Тема № 9 Цимент. Определяне на физични свойства

$$K = \frac{S_0 \rho_0 (1 - e) \sqrt{0,1 \eta_0}}{\sqrt{e^3} \sqrt{t_0}}$$

- S_0 - Специфична повърхнина на цимента за сравняване в cm^2/g ;
- e - Порестост на цимента, възприета $e=0,500$;
- ρ_0 - Специфична плътност на цимента за сравняване в g/cm^3 ;
- η_0 - Визкозитет на въздуха при средната температура от трите измервания в $\text{Pa}\cdot\text{s}$ (при 16°C $\eta_0 = 18,0 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s}$, при 20°C $\eta_0 = 18,15 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ и при 24°C $\eta_0 = 18,39 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s}$);
- t_0 - Средна стойност на трите измерени времена за преминаване на въздуха в s ;

$$S = \frac{K \sqrt{e^3} \sqrt{t}}{\rho (1 - e) \sqrt{0,1 \eta}}$$

- K - Константа на апарата;
- e - Порестост на цимента;
- ρ - Специфична плътност на цимента в g/cm^3 .
- t - Измерено време в s ;
- η - Визкозитет на въздуха при средната температура от трите измервания в $\text{Pa}\cdot\text{s}$ (при 16°C $\eta = 18,0 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s}$, при 20°C $\eta = 18,15 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ и при 24°C $\eta = 18,39 \cdot 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s}$);

6. Топлина на хидратация (екзотермия) БДС EN 196-9:2010 – Полуадиабатен метод

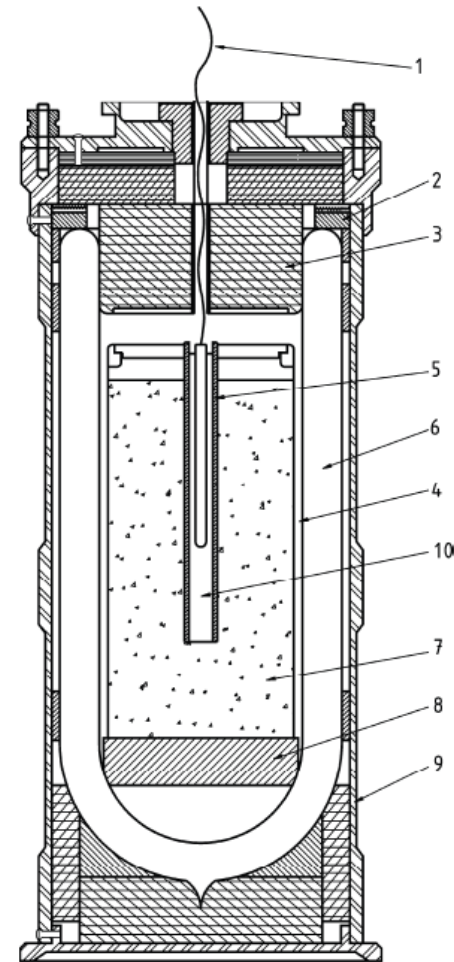
Полуадиабатният метод се състои в поставяне на проба от прясно приготвен строителен разтвор в калориметър с цел да се определи количеството отделена топлина в съответствие с повишаването на температурата. В даден момент от време топлината на хидратация на цимента, включен в пробата, е равна на сумата от топлината, акумулирана в калориметъра и топлината, загубена в околната атмосфера по време на цялото изпитване.

Повишаването на температурата на строителния разтвор се сравнява с температурата на инертна проба в калориметър за сравняване. Повишаването на температурата на строителния разтвор зависи главно от характеристиките на цимента и е обикновено между 10 K и 50 K.

Упражнения по „Строителни материали“
Тема № 9 Цимент. Определяне на физични свойства

Легенда:

1 - платинов съпротивителен
термометър; 2 – уплътнение; 3 -
изолираща тапа; 4 - кутия със
строителен разтвор; 5 - гнездо за
термометър; 6 - Дюаров съд ; 7 -
проба от строителен разтвор
8 - гумен диск; 9 - корав корпус; 10 -
масло;



Топлината на хидратация Q , във време t след началото се изчислява по следната формула:

$$Q = \frac{c}{m_c} \theta_i + \frac{1}{m_c} \int_0^t \alpha \cdot \theta_t \cdot dt$$

където:

m_c - масата на цимента, съдържащ се в изпитваната проба, в грамове;

t - времето на хидратация, в часове (h);

c - общият топлинен капацитет на калориметъра, в джаули за келвин;

α - коефициентът на топлинна загуба на калориметъра (виж б.3), в джаули за час за келвин, (J/hK);

θ_t - повишаването на температурата на изпитваната проба в момент t , в К.

Първото събираемо във формулата представлява топлината, акумулирана в калориметъра, а второто - загубата на топлина в околната атмосфера (всяка в джаули за грам цимент).

Упражнения по „Строителни материали“
Тема №9 Цимент. Определяне на физични свойства

Въпроси ???

Упражнения по „Строителни материали“
Тема №9 Цимент. Определяне на физични свойства

**Благодаря
за
вниманието!**