صناعة السمنت

يصنع السمنت من خامين رئيسين هما حجر الكلس والصلصال ، وهو المادة الطينية . وتتفاعل كاربونات الكلسيوم في حجر الكلس مع السيليكات واكاسيد الحديد والالومنيوم في الخام الصلصالي ، وذلك في كور دوار ودرجات حرارة عالية ، فتتكون مركبات اربعة من الخامين لكل منها خصيصة وفعل يظهران في الكونكريت اذ يصب من السمنت والرمل والحصى في الانشاء . ويتجمد مزيج الكونكريت بعد الصب وتتولد فيه قوة كبس وقوة شد من المركبات الاربعة .

نشأت صناعة السمنت في البلاد واتسعت على اساس من ترسبات كلسية تعرف جيولوجيا بكلس الفرات . واقيمت بعض مشاريعها على غير كلس الفرات . وكان الانتاج الاول من السمنت في شهر آب من سنة ١٩٤٩ . وسوف نتناول في فقرات تالية نشوء الصناعة وتكونها وخصائص المواد الخام التي تقوم عليها .

مركبات السمنت

المركبات الكيميائية الاربعة التي يتألف منها مسحوق السمنت هي :

١ - سيليكات ثلاثي الكلسيوم (Tricalcium silicate) ورمزها الكيميائي

($3CaO.SiO_2$) وتكتب كذلك (Ca_3SiO_5) . ورمزها المتداول في الصناعة هو (C_3S) .

٢ ـ سيليكات ثنائي الكلسيوم (Dicalcium silicate) ورمزها ($2CaO.SiO_2$) وتكتب كذلك ($Ca_2Si\ O_4$) . ورمزها المتداول (C_2S) .

٣ ـ الومينات ثلاثي الكلسيوم (Tricalcium aluminate) ورمزها ($3CaO.Al_2O_3$) وتكتب ($Ca_3Al_2O_6$) . ورمزها المتداول (C_3A) .

٤ ـ الومينو حديديت رباعي الكلسيوم (Tetracalcium aluminoferrite) ورمزها ($4CaO.Al_2O_3\ .Fe_2O_3$) وتكتب كذلك ($Ca_4Al_2Fe_2O_{10}$) ورمزها المتداول (C_4AF) .

وفي السمنت نسبة صغيرة من الجبس تضاف اليه ، وهو كبريتات الكلسيوم المهدرته Hydrated calcium Sulfate ورمزها($CaSO_4.2H_2O$). وفيه شوائب اهمها اوكسيد المغنيسيوم (MgO) .

ان التركيب الكيميائي للسمنت كما يظهر بالتحليل الكيميائي هو كالآتي (الجدول ١) ، وهو لسمنت بورتلاند الاعتيادي (Portland cement) وانه يعرف بالاعتيادي لأن هناك انواع اخرى من السمنت تستخدم في اغراض معينة كما سيرد بيانه .

الجـــدول ـ ١ ـ

تركيب سمنت بورتلاند

		النسبة المئوية
اوكسيد الكلسيوم	CaO	٦٤
ثاني اوكسيد السيليكون	SiO_2	٢١

اوكسيد الالومنيوم	Al_2O_3	٥,٨
اوكسيد الحديديك	Fe_2O_3	٢,٨
اوكسيد المغنيسيوم	MgO	٢,٥
القلويات	Alkalies	١,٤
ثالث اوكسيد الكبريت	SO_3	١,٧

ويوجد اوكسيد الكلسيوم حرا في بعض الاحيان . وتعين القلويات كاوكسيد الصوديوم (Na_2O) واوكسيد البوتاسيوم (K_2O) .

نشوء القوة بالسمنت بعد الصب

ان لكل من المركبات الاربعة التي تناولنا فعلا في تولد القوة بعد تجمد السمنت بالماء ، وفي تطور القوة على مدى زمن طويل .

تنشأ القوة الاولى من مركب الومينات ثلاثي الكلسيوم (C_3A) في الاسابيع الاربعة الاولى بعد صب السمنت مع الرمل او ككونكريت . تليها في ذلك سيليكات ثلاثي الكلسيوم (C_3S) . ولما كانت نسبة الالومينات في تركيب السمنت منخفضة فان سيليكات الكلسيوم هي مصدر القوة الرئيس في الايام الاولى بعد الصب . وبعد الاسابيع الاربعة الاولى تنشأ القوة الاكبر من سيليكات ثنائي الكلسيوم (C_2S) ، وتليها في ذلك سيليكات ثلاثي الكلسيوم . ويمتد تطور القوة على هذه الصورة الى سنتين بعد الصب . وفي الجدول (٢) التالي النسب التقريبية للمركبات الاربعة في سمنت بورتلاند الاعتيادي .

وتحتوي تربة السهل الرسوبي عادة على املاح مذابة ومنها الكلوريدات ، وان بعض هذه الاملاح يتسامى في منطقة الاحراق في الكور وبعضها يبقى . ومنها ما يتفاعل مع اوكسيد الكلسيوم أو الالومينا أو السيليكات . وانها تظهر على شكل تزهر على سطح الكونكريت عند جفافه . ويعبر عن الاملاح المذابة من مركبات الصوديوم بنسبة الاوكسيد (Na_2O) ومن مركبات البوتاسيوم بنسبة الاوكسيد (K_2O) وانها قليلة جدا .

يستخدم في مزيج خام السمنت حوالي الثلاثين (٣٠) بالمائة من المادة الصلصالية .

انواع السمنت

ينتج السمنت على انواع خمسة . الاول السمنت الاعتيادي ، ويستخدم في الانشاء بصورة عامة . ومن الاعتيادي السمنت الابيض ويصنع من خامات تنخفض فيها نسبة اكاسيد الحديد . ومنه السمنت المستخدم في عمليات حفر آبار النفط . وكذلك السمنت سريع الانجماد .

والنوع الثاني هو السمنت منخفض الحرارة ، ونسبة سيليكات ثلاثي الكلسيوم (C_3S) فيه منخفضة وكذلك نسبة الومينات ثلاثي الكلسيوم (C_3A) ، وهما المركبان اللذان يعطيان الحرارة العالية في الهدرتة . ولا تزيد حرارة الهدرته في هذا النوع على ستين (٦٠) سعرة للغرام بعد سبعة (٧) ايام من الصب ، وعلى سبعين (٧٠) سعرة بعد ثمانية وعشرين (٢٨) يوما . وانها اقل من حرارة هدرته السمنت الاعتيادي بنسبة خمسة عشر الى خمسة وثلاثين (١٥ ـ ٣٥) بالمائة .

والنوع الثالث هو السمنت المقاوم ، وانه يقاوم فعل الكبريتات في التربة او الماء . ويستخدم حيث تتطلب مواضع الانشاء مقاومة الكبريتات .

والنوع الرابع هو سمنت تنخفض فيه حرارة الهدرتة ويقاوم الكبريتات ولكن الى مديات معتدلة . ويستخدم حيث يتطلب بعض مقاومة وانخفاض حرارة . ولا تتعدى الحرارة التي تتولد بعد سبعة (٧) ايام وثمانية وعشرين يوما السبعين (٧٠) والثمانين (٨٠) سعرة للغرام على التوالي .

والنوع الخامس هو السمنت عالي القوة الاولى وهو سمنت يصنع من خامات ترتفع فيها نسبة الكلس الى السيليكا ويطحن الى دقة اعلى من السمنت الاعتيادي . وتتسبب عن تركيبه وعن دقته سرعة التجمد وسرعة تولد حرارة الهدرتة .

مزيج الخام

يحضر مزيج الخام لانواع السمنت الخمسة من خامات رئيسة اربعة هي حجر الكلس والصلصال والرمل وخام الحديد . وتعطي اعتياديا كل من الخامات الاربعة النسب المدرجة في الجدول (٦) ادناه من المركبات التي تتكون منها انواع السمنت .

الجـــــدول ـ ٦

تركيب الخامات الرئيسة

		حجر الكلس	الصلصال	الرمل	خام الحديد
السيليكا	SiO_2	١,٥	٤١,٨	٨٨,٤	٥,٨
الالومينا	Al_2O_3	٠,٥	١٠,٣	٢,٩	٥,٤
اوكسيد الحديد	Fe_2O_3	٠,٥	٥,٨	١,٦	٨٨,١
اوكسيد الكلسيوم	CaO	٥٣,٠	١٧,٢	٢,٨	-
اوكسيد المغنيسيوم	MgO	٠,٤	٥,٠	٠,٥	-
الكبريتات	SO_4	٠,٤	٠,٤	٠,٤	-
الفقد بالحرق		٤٢,٤	١٧,٨	٢,٠	-

وتختلف نسب مزيج الخام باختلاف انواع السمنت . ففي انتاج سمنت بورتلاند الاعتيادي مثلا تكون نسبة حجر الكلس في المزيج ثمانية وستين (٦٨) بالمائة ونسبة الصلصال اثنين وثلاثين (٣٢) . وفي انتاج السمنت المقاوم للاملاح تكون نسبة حجر الكلس في المزيج اثنين وسبعين (٧٢) بالمائة ونسبة الصلصال تسعة عشر (١٩) . وتضاف الى المزيج نسبة ستة (٦) بالمائة من الرمل ونسبة ثلاثة (٣) بالمائة من اوكسيد الحديديك ، وان مصدره هو خام حديد . وفي الجدول (٦) اعلاه تركيب كل من الرمل وخام الحديد اللذين يستخدمان عادة في تركيب مزيج خام السمنت المقاوم .

تحضير مزيج الخام

تعد المادة الخام للاحراق بطريقتين ، احداهما رطبة والاخرى جافة . ففي الطريقة الرطبة يعد مزيج الخام على شكل حساء يعرف في الصناعة بالسلري (Slurry) . وهو عالق دقائق المادة بالماء . وتختلف نسبة الماء بين حساء وآخر تبعا للزوجة المادة التي يتكون منها الحساء ولخصيصة جريانها في الاجهزة التي تحضر بها ثم جريانها الى الكور . وتتراوح نسبة الماء اعتياديا بين سبعة وثلاثين واربعين (٣٧ - ٤٠) بالمائة . وتضبط نسبتا الخامين الكلسي والصلصالي في المزيج بسيطرة مختبرية خلال عملية اعداد الحساء . ويدار الحساء باستمرار في حوض تغذية الكور ويرج بهواء بين آن وآخر للحيلولة دون ركود او تكتل . وفي سايلوات خزنه يضخ كذلك هواء باستمرار . ويرسل الحساء من الحوض الى الكور .

اما في الطريقة الجافة فان مزيج الخام يعد على شكل مسحوق جاف من الخامين . ويجفف الخامان ويمزجا بنسب تتحدد بتركيب كل منهما ، ويطحنا ويفصل الهواء من المزيج ، ويعدل تركيب المزيج ، ويضخ الى اوعية خزن ، ومنها يرسل الى الكور .

دقة المزيج Fineness

تطحن المواد الخام في الطريقتين الرطبة والجافة حتى دقات معينة تعين بقياس الخصاصية . وتتابع الخصاصية مختبريا باستمرار ، ويجري ذلك بمناخل قياسية تعرف بمناخل الخصاصية (Mesh Sieves) .

ان الخصاصية هي عدد الاسلاك في الانج الواحد من المنخل . فالمنخل ذو خصاصية خمسين (٥٠) مثلا فيه خمسون سلك للانج ، ان ان الانج المربع منه فيه خمسون في خمسين (٥٠ × ٥٠) اي الفان وخمسمائة (٢٥٠٠) ثقب في الانج المربع الواحد .

ان خصاصية الحساء والمسحوق مائة وسبعون (١٧٠) . ولا تتعدى نسبة ما يكون فيه من خصاصية اثنين وسبعين (٧٢) الواحد والستة اعشار (١,٦) بالمائة .

اجهزة التحضير في الطريقة الرطبة

ان الاحجار الكلسية تكسر في كسارة دوارة ، ثم تطحن في مطحنة مطرقية . والمواد الصلصالية تغسل لفصل الشوائب وتخزن على شكل حساء . ثم يمزج الخامان بنسب تتحدد بتركيب كل منهما ، ويضاف ماء ويطحن المزيج في مطحنات كرات ومطحنات انبوبية . ويجري الطحن بسقوط الاجسام الفولاذية بدوران المطحنة المستمر فيتحول المزيج في مواضع السقوط الى مسحوق يزداد دقة مع استمرار التساقط والدوران . وينتهي الطحن الى حساء يجري الى حوض التغذية او الى سايلوات خزن .

كور الحرق

كور الحرق اسطوانة فولاذية تبطن بطابوق ناري لمنع تسرب الحرارة الى خارج

الحرق

يضخ الحساء من حوض التغذية الى المنطقة العليا من الكور وهي منطقة السلاسل ، وفيها يجف الحساء بغازات الاحتراق المرتفعة الحرارة التي تجري من منطقة الاحتراق الى المدخنة . وتساعد على الجفاف سلاسل مثبتة في جدران هذه المنطقة تزحف في الحساء على القعر فتلتقط منه وترتفع مع الدوران فتتدلى في وسط تيار الغازات مرتفعة الحرارة ، فيجف الحساء العالق بها ويتحول الى مسحوق مع استمرار الدوران . ويبلغ طول منطقة السلاسل حوالي الخمسين (٥٠) قدما .

يجري بعد ذلك المسحوق الى منطقة الكلسنة ((Calcination) وتكون الحرارة فيها في حدود الالف درجة (١٠٠٠) مئوية . وتفقد المادة الصلصالية في المزيج ما في جزيئاتها من ماء تبلور في حوالي درجة حرارة خمسمائة (٥٠٠) مئوية . وفي درجة تسعمائة (٩٠٠) مئوية تبدأ الكلسنة ويتحرر ثاني اوكسيد الكربون من الكلس . ويستمر ذلك الى درجة تسعمائة وخمسين (٩٥٠) أو تسعمائة وسبعين (٩٧٠) . وينحدر المزيج الى منطقة التفاعل وتكون درجة الحرارة فيها الف ومائتين (١٢٠٠) مئوية ثم الف ومائتين وثمانين (١٢٨٠) ثم الى اعلى من ذلك اي في حدود الالف واربعمائة وخمسين (١٤٥٠) مئوية . ويبدأ تفاعل بين المركب الكلسي (CaO) والمركبات الصلصالية (Fe_2O_3, Al_2O_3, SiO_2) وتنصهر سطوح الدقائق انصهارا بدائيا وتتكون مركبات السمنت . وآخر مركب منها يتكون هو سيليكات ثلاثي الكلسيوم .

يزداد الانصهار فتتلاحم الدقائق وتتماسك في كرات ، يساعد على ذلك الدوران البطيء ، ويتكون ما يعرف بالكلنكر (Clinker) وهو كرات المادة السمنتية . يلي ذلك منطقة تبريد يجري اليها الكلنكر وتنخفض حرارته بالهواء الداخل من فتحة سفلى في الكور والى منطقة احتراق الوقود . وتقع الفتحة في المدخل الى منطقة التفاعل . ويبرد الكلنكر بسرعة معينة تحول دون وقوع تبلور في مادته . ويجري الكلنكر المبرد الى خارج الكور .

ان الحرق الشديد يؤدي الى تصاعد الانصهار ويسبب ذلك صعوبة طحن الكلنكر الناتج . اما الحرق القليل فانه سبب عدم اكتمال التفاعل واكتمال تكون المركبات السمنتية أو ارتفاع نسبها الى الحدود المطلوبة .

ان اوكسيد الحديد واوكسيد الالومنيوم وكذلك المغنيسيوم والقلويات في مزيج الخام تسبب انخفاضا في درجات حرارة التفاعل المؤدي الى تكون الكلنكر . والقلويات مصدرها الاعتيادي الخام الصلصالي والسيليكات فيه . وهي توجد في مناطق من صلصال وادي الرافدين على شكل ملحية فيه .

يستهلك في حرق الطن الواحد من السمنت بالطريقة الرطبة ما يقارب المائة والستين (١٦٠) كيلو غراما من نفط الوقود .

طحن الكلنكر

يطحن الكلنكر الى دقة معينة . ودقة السمنت هي في الاساس من مدى هدرتة مركباته المختلفة ومدى تولد القوة بها وتولد خصائص السمنت الاخرى .

ان هدرتة مركبات السمنت هي خاصة سطحية ، وان المركبات لا تذوب في الماء في ربطها بين دقائق الرمل او بينها وبين الحصى او كسار حجارة في صب الكونكريت . لذلك فان دقة السمنت اي زيادة سطح دقائقه وزيادة امتزاجها وتخللها هي الاساس في ازدياد فاعلية مركباته المختلفة وارتفاع قوة الكونكريت الذي يصب من السمنت .

يطحن السمنت الى دقة تحدد بمواصفات . وتنص المواصفات بصورة عامة على ان تكون نسبة اربعة وتسعين (٩٤) بالمائة من دقائق السمنت من خصاصية مائة وسبعين (١٧٠) . وفي اوجه اخرى من الدقة تحدد خصاصية نسبة مئوية من السمنت بثلثمائة وسبعين (٣٧٠) .

وتقاس الدقة كذلك بالسطح النوعي ، ويعبر عنه بمجموع سطوح الدقائق في غرام واحد من السمنت . وهناك طرق لتعيين السطوح النوعية منها تعيين العكرة (Turbidity) التي تنتج عن نشر غرام من المادة في سائل كالكيروسين ، وقياس الضوء النافذ في عالق المادة . ويحدد السطح اذا قيس بهذه الطريقة في بعض المواصفات بألف وسبعمائة وخمسين (١٧٥٠) سنتيمترا مربعا .

يطحن الكلنكر الى الدقة المطلوبة في مطاحن يرسل اليها الكلنكر المبرد . ويجري السحق بكرات فولاذية تشحن بها المطاحن او قضبان . وتتساقط الكرات والقضبان بدوران المطحنة فتسحق ما بين سطوحها من المادة . وتتكون المطحنة من ثلاث مقصورات او اكثر ويجري مسحوق الكلنكر مع الكرات الساحقة الفولاذية من مقصورة الى اخرى ، وتزداد دقة المسحوق وتبلغ في المقصورة الاخيرة الدقة المحددة في المواصفات . وتضاف مع الكلنكر الداخل الى المطحنة نسبة من الجبس لخفض سرعة التجمد في السمنت الناتج .

وتبرد اغلفة المطاحن بتيار ماء اذ ترتفع درجة الحرارة فيها نتيجة التساقط والاحتكاك .

فحوص السمنت ومواصفاته . السيطرة المختبرية

تفحص في السمنت وفي الكونكريت الذي يصب منه خصائص معينة وتتابع مختبريا في الانتاج وفي الاستخدام . ان فحوصا معينة تجرى على الخامات قبل اعداد المزيج المعد للحرق منها وفحوصا تتناول المزيج المعد للحرق وأخرى تجرى على السمنت المنتج . ومن هذه الفحوص ما كانت فيزيائية ومنها تحاليل كيميائية تتناول بتابع التركيب الكيميائي للخامات والخصائص الكيميائية للسمنت . ويتابع بصورة دائمة تركيب الخام الكلسي وتعين مختلف مكوناته ، ومنها على الأخص نسبة أوكسيد المغنسيوم ونسبة الكبريتات ، وكذلك نسب المركبات ذات العلاقة بنوع السمنت المراد انتاجه من بين أنواعه الخمسة ، ولغرض تعديل تركيب مزيج الخام بما يتفق وتلك الأنواع . وتختلف المتابعة الكيميائية باختلاف الخامات المستخدمة في الصنع وخصائص الترسبات الكلسية والصلصالية التي تجهز منها .

ان من الفحوص والمواصفات ما يلي[1] :

١ ـ الدقة ـ النعومة . .

٢ ـ زمن التجمد .

٣ ـ قوة الكبس .

٤ ـ قوة الشد .

٥ ـ الثبات ـ التمدد .

٦ ـ التركيب الكيميائي .