

# Deflocculation of vitreous china bodies without using sodium silicate

Domenico Massimo Fortuna, Elisabetta Martini, Sauro Renzicchi - Setec (Civita Castellana Italy)

## *Deflocculazione degli impasti di vitreous china senza silicato di sodio*

Picture by Giancarlo Pradelli.

Sodium silicate is universally adopted as a deflocculant in vitreous china bodies for ceramic sanitaryware production because it combines high effectiveness with a relatively low cost. However, alongside the significant advantages it also entails a number of problems (see box on the right page). This has prompted the search for an alternative deflocculant capable of eliminating or at least reducing the production problems of sodium silicate without sacrificing (and hopefully improving on) its positive effects on deflocculation.

### Rheological curves (laboratory tests)

This paragraph looks at the rheological curves typical of bodies for vitreous china sanitaryware. The curves were obtained using a rotational viscometer at variable shear rate on two vitreous china bodies of identical composition, in one of which sodium silicate was used as the deflocculant and in the other a mixture of polyacrylates identified as V-788D. Rheological measurements were made at different shear rates and for times that are close to those used industrially so as to reproduce typical production conditions as accurately as possible. The standard vitreous china body used has the following formulation:

Raw material	Percentage (%)
ball clay	25
kaolin	29
quartz	25
sodium feldspar	21

The following were used as deflocculants:

- sodium carbonate 0.07%
- barium carbonate 0.05%

along with either sodium silicate (0.12%) or the mixture V-788D (0.04%). All the diagrams therefore show two curves, one for the use of silicate and the other for polyacrylate.

The standard specific gravity of the body was taken as 1.802-1.805 kg/l. The first curve was obtained by performing the measurement on the body after being agitated and placed in the measuring cell; the speed of the viscometer

Il silicato di sodio è universalmente utilizzato come deflocculante negli impasti di vitreous china per la produzione di sanitari in ceramica perché molto efficace e dal costo relativamente basso. Oltre ad avere significativi vantaggi, il suo utilizzo comporta però anche alcune difficoltà e controindicazioni (vedi box a fianco). Per questo, è nata l'esigenza di trovare un deflocculante alternativo al silicato di sodio che permetta di eliminare, o almeno attenuare, i problemi di produzione, ovviamente senza perdere, ma, al contrario, migliorare gli effetti positivi sulla deflocculazione propri del silicato.

### Curve reologiche (prove di laboratorio)

In questo paragrafo sono mostrate le curve reologiche tipiche degli impasti per sanitari di vitreous china. Le curve sono ottenute con un viscosimetro rotazionale a velocità di deformazione variabile su due impasti di vitreous china di uguale composizione utilizzando come deflocculante in uno il silicato di sodio e nell'altro una miscela di poliacrilati identificata con la sigla V-788D. Sono state effettuate delle misure reologiche con diverse velocità di deformazione e per tempi che si approssimano a quelli usati industrialmente, così da riprodurre il più possibile le condizioni tipiche di produzione. L'impasto di vitreous china standard utilizzato ha la seguente formulazione:

Materia prima	Percentuale (%)
argilla ball clay	25
caolino	29
quarzo	25
feldspato sodico	21

Come deflocculanti sono stati utilizzati:

- carbonato di sodio 0.07%
- carbonato di bario 0.05%

e poi, in alternativa tra loro, il silicato di sodio (0.12%) e la miscela V-788D (0.04%). Quindi in tutti i diagrammi sono riportate le due curve, una relativa all'uso del silicato e l'altra al poliacrilato. Il peso specifico base dell'impasto è stato preso a 1,802÷1,805 kg/l. La prima curva esaminata è stata ottenuta effettuando la misurazione sull'impasto, preventivamente sottoposto ad agitazione e posto successivamente nella cella di misura; la velocità di

## QUALITIES AND LIMITATIONS OF SODIUM SILICATE

Casting bodies for vitreous china sanitaryware are generally deflocculated with a mixture of sodium carbonate and sodium silicate. The chosen ratio between these two deflocculants is highly variable and depends strongly on the type of raw materials used and the desired characteristics of the final body. The quantity of sodium silicate is normally greater than that of sodium carbonate. Sodium silicate dissociates in water according to the following reaction:



and triggers the following deflocculation mechanisms:

- increases the pH of the slip (introduction of OH<sup>-</sup> in solution);
- increases the quantity of Na<sup>+</sup> ions in the liquid body;
- frees colloidal silica (nSiO<sub>2</sub>) in the liquid which acts as a protector colloid for the clay particles.

All these factors contribute to an increase in the zeta potential and stabilisation of the suspension of ceramic particles. Furthermore, sodium silicate acts as a sequestering agent for polyvalent ions such as Ca<sup>2+</sup>, which adversely affect deflocculation through the following mechanism:



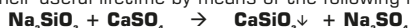
Calcium silicate is poorly soluble and therefore precipitates, removing Ca<sup>2+</sup> ions from the suspension.

From the above considerations, it will be obvious that sodium silicate is universally adopted because it is a highly effective deflocculant (with 4 deflocculation mechanisms) with a relatively low cost.

But at the same time its use creates a number of problems.

The most significant are:

- Although to a lesser extent than sodium carbonate, sodium silicate attacks the calcium sulphate of the plaster casting moulds and reduces their useful lifetime by means of the following reaction:



- Colloidal silica, generated by the silicate in an aqueous solution, is responsible together with the organic and inorganic particles normally contained in clay for the formation of dark ribs on the surfaces of the cast piece, usually positioned in the areas of crossover of the flows of slip inside the mould. The unique composition (very fine particles) of these ribs results in high impermeability and compactness and different physical characteristics (e.g. shrinkage and fusibility) to the rest of the cast surface. Micro-cracking is therefore a frequent occurrence, especially during the green drying and finishing stages. Moreover, this difference in composition between the body and the ribs results in a difference in behaviour during firing. This leads to a high visibility of ribs/undulations on the glazed surface of the fired piece, making it unsuitable for sale.

- Bodies deflocculated with sodium silicate are subject to rapid ageing, resulting in:

1. continuous reduction in values of viscosity and thixotropy, ultimately altering the correct rheological values;
2. continuous increase in thickness forming time;
3. formation of excessively fine and hard castings with low plasticity.

For these reasons, an aged body can no longer be used in a normal industrial cycle.

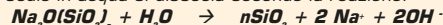
A body deflocculated with sodium silicate normally exhibits these ageing phenomena after just 8-10 days. However, this period may vary considerably according to the body composition, the dosage of deflocculant, the state of agitation and temperature, so it is not possible to determine a clear time limit for the use of a casting body.

- The use of sodium silicate causes vitreous micro-flakes to form in the moulds, which may to some extent affect the capacity for absorption of the plaster making up the casting mould.

## QUALITÀ E LIMITI DEL SILICATO DI SODIO

*Gli impasti da colaggio per sanitari in vitreous china sono generalmente deflocculati con una miscela di carbonato di sodio e di silicato di sodio; il rapporto d'uso fra questi due deflocculanti è molto vario e dipende grandemente dal tipo di materie prime utilizzate e dalle caratteristiche desiderate per l'impasto finale. Normalmente la quantità di silicato di sodio è maggiore rispetto al carbonato di sodio.*

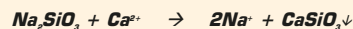
*Il silicato di sodio in acqua si dissocia secondo la reazione:*



*e agisce i seguenti meccanismi di deflocculazione:*

- aumenta il pH della barbotina (immissione di OH<sup>-</sup> in soluzione);
- arricchisce l'impasto liquido di ioni Na<sup>+</sup>;
- libera nel liquido silice colloidale (nSiO<sub>2</sub>) che agisce sulle particelle argillose come un colloide protettore.

*Tutti questi fattori portano ad un incremento del potenziale zeta e ad una stabilizzazione della sospensione delle particelle ceramiche. Inoltre, il silicato di sodio agisce anche come sequestratore di ioni polivalenti, come il Ca<sup>2+</sup>, che hanno un'azione negativa sulla deflocculazione secondo il meccanismo:*



*Il silicato di calcio è poco solubile e quindi, precipitando, sottrae ioni Ca<sup>2+</sup> alla sospensione. Da quanto sopra esposto appare chiaro perché il silicato di sodio sia universalmente utilizzato: si tratta di un deflocculante molto efficace (agisce ben 4 meccanismi di deflocculazione) e dal costo relativamente basso. Naturalmente, il suo uso comporta anche delle difficoltà e delle controindicazioni. Le principali sono:*

- *Il silicato di sodio, anche se in misura minore rispetto al carbonato, attacca il solfato di calcio che costituisce gli stampi in gesso da colaggio, e quindi ne riduce la vita utile; avviene infatti la seguente reazione:*
- $$\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CaSO}_4 \rightarrow \text{CaSiO}_3\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$$
- *La silice colloidale, generata dal silicato in soluzione acquosa, è responsabile, unitamente alle particelle colloidali organiche ed inorganiche normalmente contenute nelle argille, della formazione di striature scure sulle superfici del pezzo colato; posizionate solitamente nelle zone di incrocio delle correnti di barbotina affluente all'interno dello stampo. La particolare composizione (particelle molto fini) di queste striature conferisce un'elevata impermeabilità, compattezza e caratteristiche fisiche (es. ritiro e fusibilità) diverse rispetto alla restante superficie colata. Si potranno pertanto avere frequenti formazioni di microfessure soprattutto in fase di essiccaamento a verde e di rifinitura. Inoltre, questa differenza di composizione fra l'impasto ed i cordoni causa un comportamento diverso in fase di cottura. Il tutto si traduce in una marcata visibilità di cordonature/ondulazioni sulle superfici smaltate del pezzo cotto che lo rende inadatto alla vendita.*
  - *Gli impasti deflocculati con il silicato di sodio sono soggetti ad un veloce invecchiamento: con tale termine si intende una serie di fenomeni che portano a:*
    1. costante riduzione dei valori della viscosità e della tixotropia con alterazione finale dei corretti valori reologici;
    2. aumento costante del tempo di formazione spessore;
    3. formazione di colati eccessivamente fini, duri e poco plastici;

*In sostanza, un impasto invecchiato non è più utilizzabile in un normale ciclo industriale. Di solito dopo 8-10 giorni un impasto deflocculato con silicato di sodio manifesta già questi fenomeni tipici dell'invecchiamento. Naturalmente, tale periodo può variare, e di molto, con la composizione dell'impasto, con il dosaggio del deflocculante, con lo stato di agitazione e con la temperatura. Non è pertanto possibile identificare in via definitiva un limite temporale per l'uso di un impasto da colaggio.*

- *L'uso di silicato di sodio provoca negli stampi la formazione di microscaglie vetrose che in qualche misura possono condizionare la capacità di assorbimento del gesso costituente lo stampo da colaggio.*

rotor was set to 50 rpm; the time spent in these conditions was 1800 seconds.

Fig. 1 shows the rheograms obtained with the two bodies deflocculated with sodium silicate and with the mixture of polyacrylates.

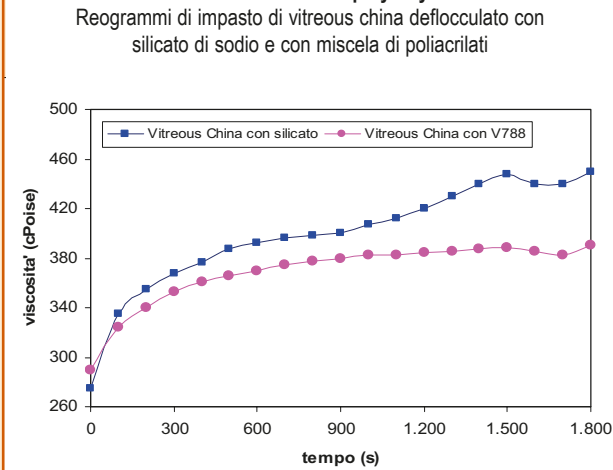
The deflocculating action of polyacrylate is clearly more effective in terms of both action time and the final value of viscosity. Fig. 2 shows the rheograms obtained from the same bodies left to stand (without agitation) for 90 minutes then introduced into the viscometer measuring cell with a rotor speed again of 50 rpm.

The standing time of 90 minutes without agitation is substantially equivalent to the thickness forming time. This simulation therefore reproduces effectively the rheological characteristics of the body, which remains immobile in the plaster mould during thickness formation and is drained rapidly during the subsequent emptying stage. From the figure it can be seen that while the bodies have a very high initial viscosity (due to their thixotropic behaviour), their viscosity decreases rapidly as soon as they are subjected to agitation. This reduction in viscosity falls off quickly and eventually disappears completely. Here too, although to a lesser extent, the polyacrylates have a faster and more intense action. Further laboratory tests were performed to determine the variation in viscosity of the slips according to the specific gravity of the body (and therefore solids content) with the two different deflocculants: figures 3, 4 and 5 show respectively the rheological curves of bodies with specific gravities of 1.810, 1.820 and 1.840 kg/l. The measurement operating conditions are a rotor speed of 12 rpm and measuring time of 1500 seconds.

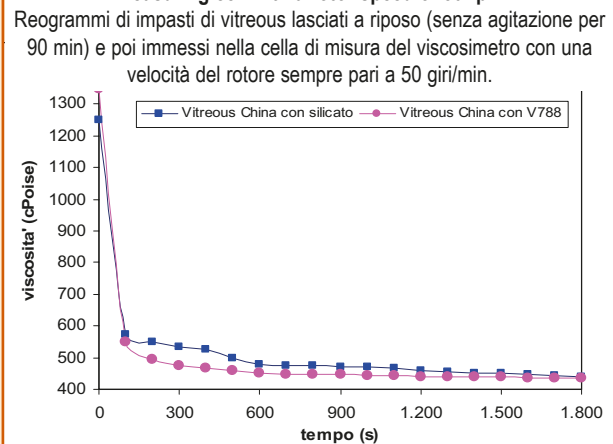
Analysing the three above figures, we can make the following considerations:

**A)** Effect of specific gravity: it is obvious that as the solids

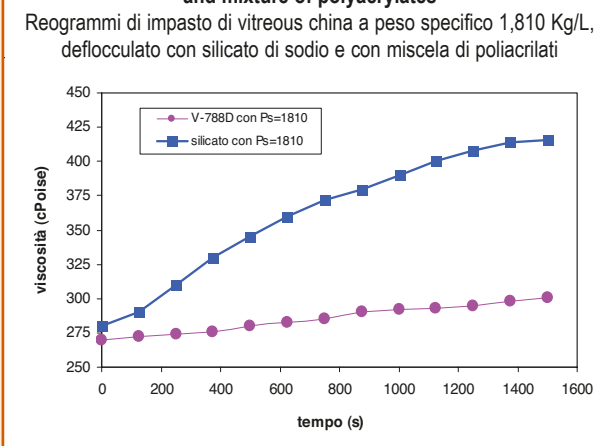
**Fig 1: Rheograms of vitreous china body deflocculated with sodium silicate and mixture of polyacrylates**



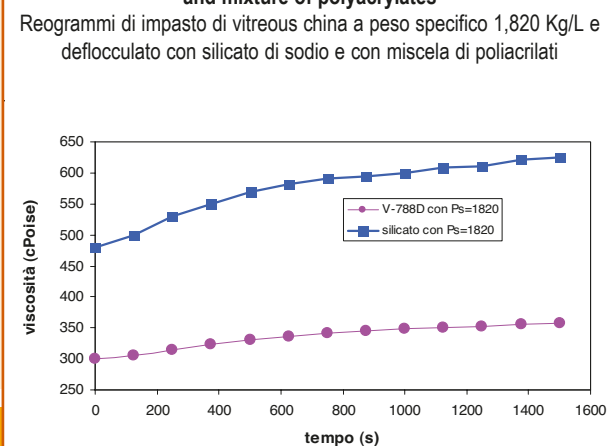
**Fig 2: Rheograms of vitreous china bodies left to stand (without agitation) for 90 minutes then introduced into the viscometer measuring cell with a rotor speed of 50 rpm**



**Fig 3: Rheograms of vitreous china body with specific gravity of 1.810 kg/l deflocculated with sodium silicate and mixture of polyacrylates**



**Fig 4: Rheograms of vitreous china body with specific gravity of 1.820 kg/l deflocculated with sodium silicate and mixture of polyacrylates**



rotore del viscosimetro è stata imposta a 50 giri/min; il tempo di permanenza in tali condizioni è stato di 1800 secondi.

Nella fig. 1 sono riportati i reogrammi ottenuti con i due impasti deflocculati col silicato di sodio e con la miscela di poliaccrilati.

Appare evidente come l'azione deflocculante del poliaccrilato sia più efficace sia per quanto riguarda il tempo di azione, sia per il valore finale della viscosità. Nella successiva fig. 2 vengono invece mostrati i reogrammi ottenuti sugli stessi impasti lasciati a riposo (senza agitazione per 90 min) e poi immessi nella cella di misura del viscosimetro con una velocità del rotore sempre pari a 50 giri/min.

Il tempo di assenza di agitazione di 90 minuti è sostanzialmente pari al tempo di formazione spessore. Questa simulazione riproduce quindi bene le caratteristiche reologiche dell'impasto che resta immobile nello stampo in gesso durante la formazione spessore e poi viene drenato rapidamente durante la successiva fase di vuotatura. Dall'esame della figura si nota come gli impasti, caratterizzati da un valore iniziale di viscosità molto elevata (a causa del comportamento tissotropico degli stessi), vedano ridurre rapidamente la loro viscosità non appena siano sottoposti ad agitazione: questo decremento si riduce drasticamente per poi annullarsi lentamente. Anche in questo caso, seppur in misura meno marcata, l'effetto dei poliaccrilati è più rapido e intenso. Sono stati eseguiti degli ulteriori controlli di laboratorio per verificare quale fosse la variazione della viscosità delle barbotine al variare del peso specifico dell'impasto (quindi del contenuto di solido) con i due diversi deflocculanti: nelle figure 3, 4 e 5 sono riportate rispettivamente le curve reologiche di impasti a peso specifico 1,810, 1,820 e 1,840 kg/l. Le condizioni operative di misura sono velocità di rotazione del rotore 12 giri/min e tempo di misurazione di 1500 secondi.

Analizzando le tre suddette si possono fare le seguenti considerazioni:

- A)** incidenza del peso specifico: come è ovvio, all'aumentare del contenuto di solido nelle barbotine corrisponde un incremento delle viscosità delle stesse.
- B)** Diversa entità dell'incremento di viscosità per i due impasti: nel

content of the slips increases so too does their viscosity.

**B)** Different size of increase in viscosity for the two bodies: the slip deflocculated with sodium silicate shows increases in viscosity of around 200 cPoise for each 20 g/l increase in specific gravity; with the polyacrylate the increase in values of viscosity for each 20 g/l increase in specific gravity is in the region of 50 cPoise, at least up to a certain threshold. From 1840 g/l upwards, even with the polyacrylate a considerable increase in viscosity values is observed.

The most important point to note however is that the use of polyacrylates allows an approximately 150-200 cPoise lower viscosity value to be maintained (for each level of specific gravity).

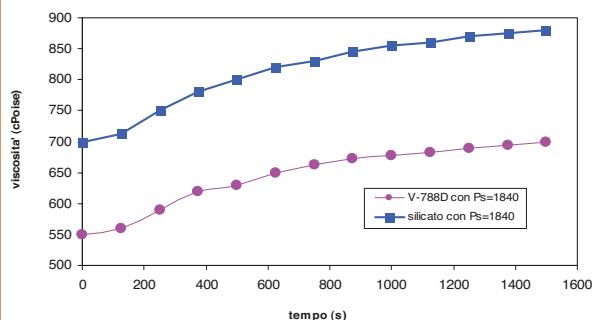
Lastly, the rheological variations relating to the maturing or ageing of the bodies were analysed. For this purpose, figures 6, 7, 8 and 9 show the viscosity curves for bodies deflocculated with silicate and mixtures of polyacrylates, respectively on the 1st, 6th, 9th and 12th days after body preparation.

It is extremely important to analyse this behaviour because it is essential for determining the optimal maturing time. It is only when maturing is correct that the best compromise is achieved between good fluidity, correct thixotropy, appropriate working times (thickness forming and solidification times) and optimal stability of the cast piece. Examining the diagrams shown in the figure we can draw the following conclusions:

- 1st day: immediately after being dissolved the body has excessively high viscosity, especially when using sodium silicate.
- 6th day: viscosity values begin to be acceptable.
- 9th day: the body fluidised with silicate displays an excessive falloff in viscosity values, while the body using polyacrylate maintains good values.
- 12th day: the body with the

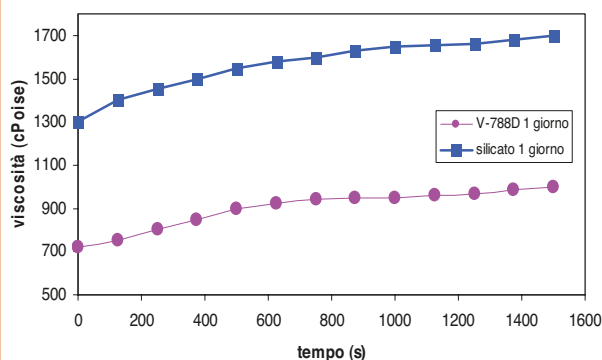
**Fig 5: Rheograms of vitreous china body with specific gravity of 1.840 kg/l deflocculated with sodium silicate and mixture of polyacrylates**

Reogrammi di impasto di vitreous china a peso specifico 1,840 Kg/L e deflocculato con silicato di sodio e con miscela di poliacrilati



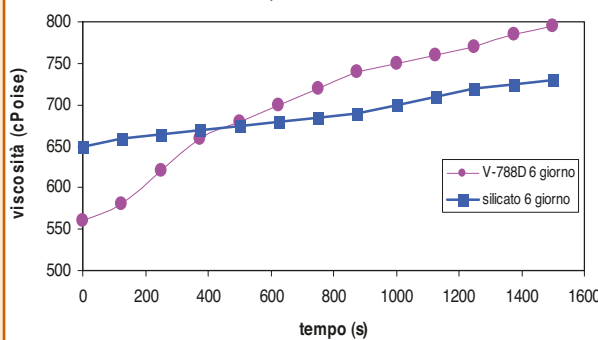
**Fig 6: Rheograms of vitreous china body recorded on 1st day of maturing, deflocculated with sodium silicate and mixture of polyacrylates**

Reogrammi di impasto di vitreous china registrati al 1° giorno di stagionatura, deflocculato con silicato di sodio e con miscela di poliacrilati



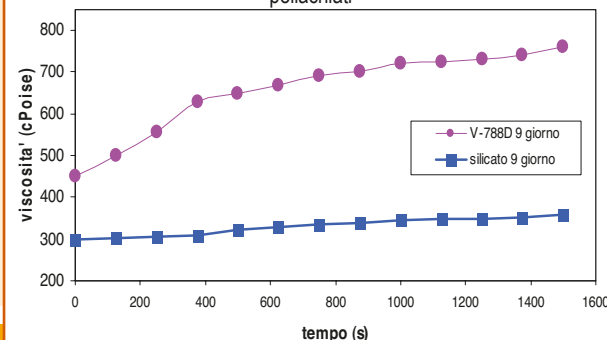
**Fig 7: Rheograms of vitreous china body recorded on 6th day of maturing, deflocculated with sodium silicate and mixture of polyacrylates**

Reogrammi di impasto di vitreous china registrati al 6° giorno di stagionatura, deflocculato con silicato di sodio e con miscela di poliacrilati



**Fig 8: Rheograms of vitreous china body recorded on 9th day of maturing, deflocculated with sodium silicate and mixture of polyacrylates**

Reogrammi di impasto di vitreous china registrati al 9° giorno di stagionatura, deflocculato con silicato di sodio e con miscela di poliacrilati



caso della barbottina deflocculata con silicato di sodio si notano incrementi di viscosità di circa 200 cPoise ogni aumento di 20 g/L di peso specifico; con il poliacrilato l'innalzamento dei valori di viscosità per ogni 20 g/L di aumento di peso specifico è nell'ordine di 50 cPoise, almeno finché non si supera una certa soglia. Infatti, a 1840 g/L anche con il poliacrilato si osserva un notevole incremento dei valori delle viscosità.

Quello che, però, è più importante da evidenziare è che l'uso dei poliacrilati consente comunque di mantenere un valore di viscosità (per ogni livello di peso specifico) più basso di circa 150-200 cPoise.

Da ultimo si è proceduto ad analizzare le variazioni reologiche connesse con la stagionatura e l'invecchiamento degli impasti. A questo scopo sono riportati nelle figure 6, 7, 8 e 9 gli andamenti delle curve di viscosità per gli impasti deflocculati con silicato e miscele di poliacrilati, rispettivamente nel 1°, 6°, 9° e 12° giorno dalla preparazione dell'impasto.

L'analisi di questo comportamento è estremamente importante perché è fondamentale definire quale sia il tempo ottimale di stagionatura; è infatti soltanto quando la stagionatura è corretta che si ottengono i migliori risultati di compromesso fra buona fluidità, corretta tissotropia, idonei tempi di lavorazione (tempi di formazione spessore e rassodamento) e ottimale stabilità del colato. Esaminando i diagrammi riportati in figura si possono trarre le seguenti conclusioni:

- 1° giorno: l'impasto appena sciolto è caratterizzato da una eccessiva viscosità, soprattutto quando si usa il silicato di sodio.
- 6° giorno: si iniziano ad avere valori accettabili di viscosità.
- 9° giorno: si può notare come l'impasto fluidificato con il silicato sia caratterizzato da una eccessiva caduta dei valori di viscosità, mentre quello che fa uso del poliacrilato mantiene valori buoni.
- 12° giorno: l'impasto con il silicato ha un valore di 300 cPoise, troppo basso per avere buone caratteristiche in colaggio, mentre la barbottina deflocculata con la miscela di poliacrilati si mantiene ancora su valori accettabili di viscosità, seppur bassi.

Riassumendo, l'impasto deflocculato con il poliacrilato è sicuramente

silicate has a value of 300 cPoise, too low for good casting characteristics, whereas the slip deflocculated with the mixture of polyacrylates still maintains acceptable, albeit low, viscosity values.

To sum up, the body deflocculated with polyacrylate is certainly more stable and resistant to ageing, while slip fluidised with silicate is already unusable after 9 days. Of course, the above values refer to specific maturing conditions achieved in the laboratory so the values are indicative of how deflocculants affect maturing.

### Laboratory casting tests

Casting tests were performed with two slips, the results of which are summarised in table 1.

The figures confirm the influence of the lower surface tension on the physical characteristics of the body (shrinkage and moisture content after casting). As regards the unfired mechanical strength values, the small variations recorded may be solely due to the lack of precision typical of this kind of measurement; small external or internal imperfections in the specimen are sufficient to alter the obtained strength value.

However, we can conclude that using polyacrylates in place of silicate does not lead to a reduction in unfired mechanical bending strength.

### Industrial application of V-788D

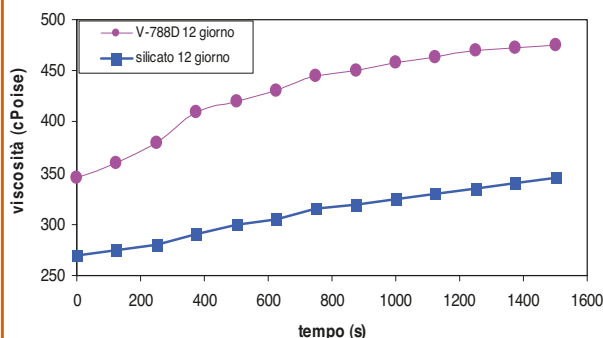
Following the positive results achieved in the laboratory, the V-788D mixture of polyacrylates was applied at an industrial level. Specifically, in a factory producing 12 ton/day of vitreous china, silicate was gradually replaced with V-788D until it was completely eliminated. The following parameters were monitored during more than 18 months of production:

- rheological behaviour of the body;
- percentage of broken pieces before firing;
- percentage of broken pieces after firing;
- percentage of air bubbles in the finished product;
- percentage of 1st choice out of total finished product.

The results achieved were extremely promising:

**Fig 9: Rheograms of vitreous china body recorded on 12th day of maturing, deflocculated with sodium silicate and mixture of polyacrylates**

Reogrammi di impasto di vitreous china registrati al 12° giorno di stagionatura e deflocculato con silicato di sodio e con miscela di poliacrilati



più stabile e più resistente all'invecchiamento, mentre la barbottina fluidificata col silicato dopo 9 giorni è già inutilizzabile. Naturalmente, è necessario dire che i valori sopra riportati fanno riferimento a particolari condizioni di stagionatura ottenute in laboratorio e pertanto i valori solo indicativi di come i deflocculanti condizionano la stagionatura.

### Prove di collaggio in laboratorio

Sono state eseguite delle prove di collaggio con le due barbottine, i cui risultati ottenuti sono sintetizzati nella tabella 1. I dati riportati in tabella confermano l'influenza della minore tensione superficiale sul componente fisico (ritiro ed umidità di fine collaggio) dell'impasto.

Relativamente ai valori di resistenza meccanica in crudo, le piccole variazioni registrate potrebbero essere soltanto attribuibili ad un deficit di precisione tipico di questo tipo di misurazione; sono sufficienti piccole imperfezioni sul provino (esterne e/o interne) ad alterare il valore di resistenza ottenuto.

Si può però concludere che l'utilizzo dei poliacrilati al posto del silicato non porta una riduzione della resistenza meccanica a flessione sul crudo.

### Industrializzazione del V-788D

A seguito dei positivi risultati ottenuti in laboratorio si è proceduto all'industrializzazione della miscela di poliacrilati V-788D. In particolare, in uno stabilimento caratterizzato dalla produzione di 12 ton/giorno di vitreous china, è stato gradualmente sostituito il V-788D al silicato, fino ad arrivare alla totale eliminazione di quest'ultimo. Nel corso di oltre 18 mesi di produzione sono stati monitorati:

- il comportamento reologico dell'impasto;
- la percentuale di pezzi rotti in crudo;
- la percentuale di pezzi rotti in cotto;
- la percentuale delle bolle d'aria presenti sul prodotto finito;
- la percentuale di 1° scelta sul prodotto finito.

I risultati ottenuti sono stati estremamente positivi:

- Comportamento reologico: l'impasto manifesta una grande stabilità nel tempo ed una minore tissotropia che si traduce in un migliore drenaggio della barbottina in eccesso; le superfici interne dei pezzi colati sono estremamente pulite senza sgocciolature e/o ristagni di barbottina. Tutto questo si

**Table 1: Results of casting tests with two slips deflocculated with sodium silicate and with the mixture of polyacrylates**

Risultati delle prove di collaggio con due barbottine deflocculate con silicato di sodio e con miscela di poliacrilati

	Body with silicate Impasto con silicato	Body with V-788D Impasto con V-788D
<b>% moisture content of piece immediately after removal from mould</b> % Umidità nel pezzo appena estratto dallo stampo	17.01	15.74
<b>Unfired shrinkage %</b> Ritiro in crudo in %	2.95	2.23
<b>Fired shrinkage %</b> Ritiro in cotto in %	7.32	6.99
<b>Unfired mechanical bending strength in kg/cm<sup>2</sup></b> Resistenza meccanica alla flessione sul crudo in Kg/cm <sup>2</sup>	25.44	26.75


- Rheological behaviour: the body exhibits great stability over time and lower thixotropy, resulting in improved drainage of excess slip; the internal surfaces of the cast piece are extremely clean without drips or pooling of slip. This results in a considerable reduction in breakages (both before and after firing) caused by poor drainage of free thickness areas. Furthermore, there was a significant reduction in ribbing inside pieces resulting in surface irregularity/deformation on the fired piece. Lastly, during periods of extended production stoppage the slip ageing phenomenon was seen to disappear almost completely.
- Percentage of broken pieces before firing: as a natural consequence of the improved and more consistent rheological behaviour, the percentage of broken pieces decreased significantly from an average of 6% to 4%. These results were largely achieved due to a lower residual moisture content in the cast pieces and consequently lower shrinkage during drying.
- Percentage of broken pieces after firing: here too, over a period of 18 months, a considerable reduction in broken pieces was observed, from 5.2% to 3.7% for vitreous china. Naturally, these breakage percentages (both before and after firing) were evaluated in the same operating conditions and above all with the same product mix.
- Percentage of air bubbles in the finished product: before the introduction of V-788D, air bubbles accounted for around 40-45% of the total number of defective pieces, corresponding to 10-11% of the total of inspected pieces. Use of the V-788D and the consequent reduction in surface tension of the slip by around 30% has allowed for easier evacuation of air bubbles from the slip; as a result, an average 41% reduction in air bubbles in the finished product was observed while maintaining all the other operating conditions of the manufacturing cycle unchanged.
- First choice percentage: as a result of the reduction in air bubbles, an increase in first choice percentage of pieces of around 3.5% for vitreous china was observed.

The results achieved at an industrial level were so satisfactory that the use of V-788D was rapidly extended to another company in the same group that carried out the experimentation. The new deflocculant is currently being used in production and the same results have been maintained.

## Conclusions

The total replacement of sodium silicate with V-788D has brought significant benefits in terms of:

- rheological stability;
- reduction in thixotropy without increasing thickness forming times;
- lower tendency of the body to age;
- reduction in typical defects of the free thickness zones in vitreous china (ribbing, undulations, etc.);
- drastic reduction in air bubbles in the slip and therefore in the finished pieces.

This leads to an overall improvement in productivity (fewer breakages before and after firing) and above all quality (less downgrading due to air bubbles and deformations such as ribbing). A further advantage is an approximately 10% increase in plaster mould lifetime. Furthermore, the use of V-788D makes deflocculation practicable even with difficult bodies containing raw materials that are fairly unsuitable for deflocculation. In short, technical and economic factors are highly favourable towards the use of V-788D in place of sodium silicate. (JF) 

traduce in una riduzione notevole delle rotture (sul crudo e sul cotto) dovute ad una non buona vuotatura delle zone a spessore libero. Inoltre, è stata verificata una grande diminuzione delle cordonature interne dei pezzi che provocano fenomeni di irregolarità/deformazione superficiale sul pezzo cotto. Infine, durante i periodi di interruzione prolungata della produzione è stata osservata una quasi completa sparizione del fenomeno dell'invecchiamento della barbotina.

- Percentuale dei pezzi rotti in crudo: come logica conseguenza del migliorato e più costante comportamento reologico si ha una sensibile riduzione del rotto in crudo; si passa da una percentuale media del 6% al 4%. Tali risultati sono stati ottenuti anche grazie alla minore umidità residua nei pezzi colati ed al conseguente minore ritiro in essiccamento.
- Percentuale dei pezzi rotti in cotto: anche in questo caso, sui 18 mesi, si è riscontrata una discreta riduzione dei pezzi rotti; si è infatti passati dal 5,2% al 3,7% per il vitreous china. Naturalmente, queste percentuali di rottura (sia in crudo sia in cotto) sono state valutate a parità di tutte le condizioni operative e soprattutto con lo stesso mix di produzione quanto a tipologia.
- Percentuale delle bolle d'aria sul prodotto finito: le bolle d'aria rappresentavano (prima dell'introduzione del V-788D) circa il 40-45 % del totale pezzi difettati, corrispondente al 10-11% del totale dei pezzi scelti. L'utilizzazione del V-788D e la conseguente riduzione della tensione superficiale della barbotina di circa il 30%, ha permesso una più facile evacuazione delle bolle d'aria dalla barbotina; come conseguenza è stata verificata una diminuzione media del 41% delle bolle d'aria sul prodotto finito, avendo avuto cura di mantenere inalterate tutte le altre condizioni operative del ciclo di fabbricazione.
- Percentuale di prima scelta: in conseguenza della riduzione delle bolle d'aria si è osservato un aumento della prima scelta dei pezzi di prima cottura di circa 3,5 % per il vitreous china.

Il risultato ottenuto a livello industriale è stato talmente soddisfacente che l'uso del V-788D è stato rapidamente esteso ad un'altra azienda dello stesso gruppo nel quale è stata fatta la sperimentazione. Attualmente il nuovo deflocculante è in produzione e sono mantenuti i risultati ottenuti.

## Conclusioni

La totale sostituzione del silicato di sodio con il V-788D ha permesso di ottenere notevoli benefici in termini di:

- stabilità reologica;
- riduzione della tixotropia senza l'aumento di tempi di formazione spessore,
- minore tendenza dell'impasto all'invecchiamento;
- contenimento dei difetti tipici delle zone a spessore libero nel vitreous (cordonature, striature ecc.);
- drastica riduzione delle bolle d'aria nella barbotina e quindi nei pezzi finiti.

Quanto detto si traduce in un miglioramento complessivo delle rese quantitative (meno rotture in crudo ed in cotto) e, soprattutto, qualitative (minori sottoscelte dovute alle bolle d'aria ed alle deformazioni delle cordonature). Un ulteriore vantaggio deriva da un incremento della vita degli stampi in gesso dell'ordine del 10%. Inoltre, l'uso del V-788D rende praticabile la deflocculazione anche con impasti difficili caratterizzati da materie prime poco idonee alla deflocculazione.

Si può concludere affermando che il bilancio tecnico-economico è considerevolmente favorevole all'uso del V-788D al posto del silicato di sodio. 