


## Focus on the definition of CPVC

## Uno sguardo alla definizione del CPVC

**Filippo Busolo**



**F. Busolo**

 The relationship between the pigmentary system, made up of pigments and charges, and the binder i.e. resin is a factor on which all the characteristics of paint directly depend: from the sheen, to the colour, from the acceptance of colourant pastes, to the opacity or covering power, from the permeability, to the abrasion resistance and chemical and mechanical resistance.


Traditionally, pigment volume concentration (PVC) is defined as the volume percentage of pigment compared to the total volume of the paint film. Mathematically, PVC is expressed as:

$$PVC = \frac{V_P}{V_P + V_R}$$

Where  $V_p$  is the volume of the pigment system (pigments and filler) and  $V_R$  is the volume of the resin i.e. binder. It is typically expressed as a percentage value.

In 1949 Asbeck and Van Loo describe CPVC (Critical Pigment Volume Concentration) as the point at which the right amount of binder is present which can soak all the pigment particles and fill all the existing gaps. In other words, it represents such circumstance in which we are in the presence of a 100% cover devoid of gaps.

In practice, CPVC is a transitional point in which material changes happen to the coating characteristics, such as sheen, covering power, colourant power, water-tightness, breathability, oxidation, abrasion resistance, adhesion, flexibility, mud cracking and cold cracking.

 La relazione tra il sistema pigmentario, formato dai pigmenti e dalle cariche e il legante o resina è un fattore dal quale dipendono direttamente tutte le caratteristiche della pittura: dalla brillantezza, al colore, dall'accettazione delle paste coloranti, all'opacità o potere coprente, dalla permeabilità, alla resistenza all'abrasione e alla resistenza chimica e meccanica.

Tradizionalmente, la concentrazione di pigmento in volume (Pigment Volume Concentration, PVC), viene definita come la frazione volumetrica di pigmento rispetto al volume totale del film di pittura. Matematicamente il PVC viene espresso come:

$$PVC = \frac{V_P}{V_P + V_R}$$

Dove  $V_p$  è il volume del sistema di pigmenti (pigmenti e filler) e  $V_R$  è il volume della resina o legante. Viene tipicamente espresso come valore percentuale.

Nel 1949 Asbeck e Van Loo descrivono il CPVC (Critical Pigment Volume Concentration) come il punto in cui è presente la giusta quantità di legante capace di bagnare tutte le particelle di pigmento e riempire tutti gli interspazi esistenti tra di esse. In altre parole, rappresenta quella circostanza in cui, siamo in presenza di un ricoprimento esente da spazi vuoti.

Da un punto di vista pratico, il CPVC è un punto di transizione nel quale si producono cambi sostanziali nelle caratteristiche del rivestimento, quali la brillantezza, lo



It is therefore important to know at any time the situation of a paint formulation with regards to CPVC, since the coating characteristics will depend on it. With reference to PVC, CPVC can have three values (Fig. 1).

1.  $PVC < CPVC$ . In these conditions, the coating is characterized by an excess of resin versus pigments. This excess may result in high gloss values.
2.  $PVC > CPVC$ . In this case we are in the presence of gaps or empty structures due to an insufficient polymer amount compared to pigments. The presence of air may cause loss of local connectivity with resulting change in the properties of dry coating (for example increased porosity). These types of coatings are recommended for indoor applications.
3.  $PVC = CPVC$ . The pigment is soaked in the right amount of polymer to fill the gaps between particles. In this case, polymer and pigment are interconnected in continuous form.

In the case of water-based and solvent-based paints, CPVC




*sheen, il potere coprente, la forza colorante, l'impermeabilità, la traspirazione, l'ossidazione, la resistenza all'abrasione, l'aderenza, la flessibilità, il mud cracking e il cold cracking.*

*E' importante quindi conoscere in ogni momento la situazione della formulazione di una pittura rispetto al CPVC, poiché da esso dipenderanno le caratteristiche del rivestimento stesso.*

*In relazione al PVC, il CPVC può assumere tre valori (Fig. 1):*

1.  $PVC < CPVC$ . In queste condizioni, il rivestimento è caratterizzato da un eccesso di resina rispetto ai pigmenti. Questo eccesso può comportare elevati valori di gloss.
2.  $PVC > CPVC$ . In questo caso siamo in presenza di spazi o strutture vuote dovute ad una insufficiente quantità di polimero rispetto ai pigmenti. La presenza di aria può causare perdita di connettività locale del polimero con conseguente cambio delle proprietà del rivestimento secco (ad esempio aumento della porosità).


 is influenced by a number of variables, including:  
 The absorption index of the pigment system -  
 The packing capability of the pigment system - The size and nature of the particles - The level of dispersion of the pigments - The  $T_g$  value of the polymer (reference to thermoplastic polymers) - The “flow end-point of the binder” - The rheology of the system - The level of polymerization of the resin - The physical state of the binder - The effect of the particle size on the binder dispersion (for water-based systems) - The type of binder used - The type and amount of additives in the formulation - Whether or not there are coalescing agents (for water-based systems).  
 During the last fifty years, different methods were proposed to determine CPVC, many of which based on the change of coating properties (for example film density).  
 In practice, the following two methods are the most used: the Gilsonite method and the film tension test.

The Gilsonite method is based on the ability to stain the coating using a 10% solution of Gilsonite (trade name of natural bitumen) in white spirit. With the PVC value increasing, the intensity of the stain increases, obtained by soaking the paint test tube in the Gilsonite solution. The higher the PVC value, the higher the stain intensity. Visibly CPVC matches PVC at the point in which the soaked area has the same colour as the non-soaked one.

As an alternative, the film tension test is based on the tension produced in a paint film during the solvent evaporation. This tension causes a shrinkage in the film which will be greater or smaller based on the hardness of the binder, and will be greatest when PVC matches CPVC.

### CPVC AND OIL ABSORPTION

Some factors or variables influence CPVC, some of them are due to resin, others to the pigment system. Here we consider the oil absorption index (OAI), one of the parameters which influence the value of CPVC the most.

 Rivestimenti di questo tipo sono raccomandati per applicazioni per interni.

3.  $PVC = CPVC$ . Il pigmento è bagnato con la giusta quantità di polimero per riempire gli spazi vuoti tra le particelle. In questo caso, il polimero e il pigmento sono tra di loro connessi in forma continua.

Sia nel caso di pitture a base acqua che a base solvente, il CPVC è influenzato da una serie di variabili, tra le quali si ricordano:

L'indice di assorbimento del sistema di pigmenti - La capacità di impacchettamento del sistema di pigmenti - La dimensione e la natura delle particelle - Il grado di dispersione dei pigmenti - Il valore di  $T_g$  del polimero (riferimento ai polimeri termoplastici) - Il “punto limite di fluidità del legante” - La reologia del sistema - Il grado di polimerizzazione della resina - Lo stato fisico del legante - L'effetto della

dimensione della particella della dispersione del legante (per sistemi a base acqua) - Il tipo di legante impiegato - La tipologia e la quantità di additivi presenti nella formulazione - La presenza o meno di agenti coalescenti (per sistemi a base acqua).  
 Nel corso degli ultimi cinquant'anni, sono stati proposti diversi metodi per determinare il CPVC, molti dei quali basati sul cambio delle proprietà del rivestimento (ad esempio la densità del film). A livello pratico, i metodi più utilizzati sono principalmente due: il metodo della Gilsonite e il metodo della tensione del film.

Il metodo della Gilsonite si basa sulla capacità di spor-

care il rivestimento utilizzando una soluzione al 10% di Gilsonite (nome commerciale di un bitume naturale) in white spirit. All'aumentare del valore di PVC aumenta l'intensità della macchia prodotta, ottenuta per immersione della provetta di pittura nella soluzione di Gilsonite. Maggiore è il valore di PVC, maggiore sarà l'intensità della macchia stessa. Visibilmente il CPVC corrisponde al PVC nel punto in cui la zona immersa ha lo stesso colore della parte non immersa.

Fig.1 Schematic representation of the  $PVC < CPVC$ ,  $PVC = CPVC$  and  $PVC > CPVC$  conditions

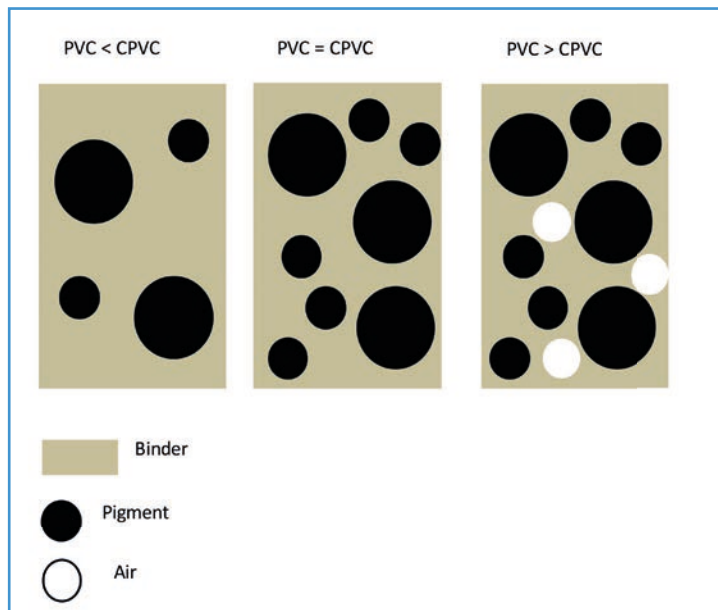



Fig. 1 Rappresentazione schematica delle condizioni  $PVC < CPVC$ ,  $PVC = CPVC$  e  $PVC > CPVC$ .

 OAI is defined as the necessary linseed oil volume to form a paste with 100 grammes of pigment or charge under review. The method is regulated by ISO 787-5 standard.

This parameter reflects the effect of the pigments-resin compound with reference to factors such as particle size, surface area, particle distribution (Particle Size Distribution, PSD) and mineral-matrix interaction. This is because the oil absorption index measures the amount of linseed oil required to soak the pigment system and fill the particle gaps.

OAI could be described as the exact point when oil is needed to fill the gaps between the pigment particles and fully cover them; the pigment is expressed by weight and the oil by volume.

The definitions of both OAI and CPVC are based on close-packed systems, where the amount of binder is considered enough to be absorbed by the pigment surface and to fill the gaps between the pigment particles. While OAI is expressed as grammes of linseed oil per 100 g of pigment, CPVC is expressed as millilitres of pigment per 100 mL of film.

The OAI value is influenced by two factors:

- the amount of oil required to soak and cover the pigmentary particle (depending on specific surface, PSD, hydrophilic character and porosity);
- the addition of oil to fill the gaps (depending on the Aspect Ratio).

For a given pigment, oil absorption increases if:


- the particle size is reduced (increase in surface);
- the Aspect Ratio increases (increase in gaps);
- the PSD shrinks (increase in gaps).

The theoretical value of CPVC may be calculated when knowing the OAI value for a pigment mixture, and using the following mathematical expression:

$$CPVC = \frac{1}{1 + \frac{OAI \cdot \rho_P}{93.5}}$$

Where  $\rho_p$  is the density of the pigment system, OAI is the oil absorption index of the pigment system and 0,935 is the density of linseed oil.

The equation (2) allows us, by determining the oil absorption index of a known mixture of the pigment system, to calculate the approximate theoretical value of

 *Alternativamente, il metodo della tensione del film si basa sulla tensione che si produce in un film di pittura durante l'evaporazione del solvente. Questa tensione produce una contrazione nella pellicola che sarà maggiore o minore in funzione della durezza del legante, e raggiungerà il massimo quando il PVC raggiunge il CPVC.*

### CPVC E ASSORBIMENTO D'OLIO

*Esistono fattori o variabili che influenzano il CPVC, alcuni di essi sono dovuti alla resina, altri al sistema di pigmenti. In questa sede considereremo il caso dell'indice di assorbimento d'olio (OAI), uno dei parametri che più influenzano il valore di CPVC. OAI è definito come il volume di olio di lino necessario per formare una pasta con 100 grammi di pigmento o carica in esame. Il metodo è normato secondo la norma ISO 787-5.*

*Questo parametro riflette l'effetto del composito pigmenti-resina rispetto a fattori quali, forma della particella, area superficiale, distribuzione delle particelle (Particle Size Distribution, PSD) e interazione minerale-matrice. Questo perché l'indice di assorbimento d'olio misura la quantità di olio di lino necessaria a bagnare il sistema di pigmenti e riempire gli interstizi inter-particella.*

*OAI potrebbe essere descritto come il punto esatto alla necessità di olio per riempire gli spazi vuoti tra le particelle di pigmento e per coprire integralmente le particelle stesse di pigmento esprimendo il pigmento in peso e l'olio in volume.*

*Sia la definizione di OAI che di CPVC sono basate quindi sui sistemi close-packed, dove la quantità di legante è considerata quella sufficiente per essere adsorbita dalla superficie dei pigmenti e per riempire gli interstizi tra le particelle di pigmento. Mentre OAI viene espresso come grammi di olio di lino per 100 g di pigmento, CPVC viene espresso come millilitri di pigmento per 100 mL di film.*


*Il valore di OAI sarà quindi influenzato da due fattori:*

- la quantità d'olio richiesta per bagnare e ricoprire la particella pigmentaria (dipendente dalla superficie specifica, PSD, idrofilicità e porosità);
- l'aggiunta d'olio per riempire gli interstizi (dipendente dall'Aspect Ratio).

*Per un dato pigmento, l'assorbimento ad olio aumenta se:*

- si riduce la dimensione delle particelle (aumento dell'area superficiale);
- aumenta l'Aspect Ratio (aumento degli interstizi);
- Si restringe la PSD (aumento degli interstizi).

*Il valore teorico del CPVC può essere calcolato conoscendo il valore di OAI per una miscela di pigmenti, e*

 CPVC for the pigment system under review. The higher the value of the pigment density and/or the oil absorption index, the lower the CPVC value. Such a value will be more reliable for binder-based paints in solution than binder-based paints in dispersion. In order to apply the illustrated model, we wish to determine the theoretical OAI and CPVC values for a paint whose pigment system is written down on Table 1.

**Tab.1 Composition by weight and experimental OAI of the pigment mixture under analysis**

Pigment / Filler Pigmento / Carica	%	OAI
Calcinated Kaolin Caolino Calcinato	80	45
Talcum Talco	95	8
Calcium Carbonate (1 micron) Carbonato di calcio (1 micron)	48	19
Titanium Dioxide Biossido di titanio	13	25
Total Totale	1000	

**Tab.1 Composizione in peso e OAI sperimentale della miscela di pigmenti analizzata**

For such a mixture the experimental values (Gilsonite method) and theoretical values of OAI and CPVC (Tab. 2) were determined.

From the written data it is possible to calculate the error rate of OAI (equal to 2.1%), and CPVC (equal to 3.8%).

Even if different scholars advise against using this calculation for the theoretical determination of CPVC (mainly due to the error often occurring during the experimental determination of OAI), others find this predictive model highly useful.

It can be said that such a model represents a sufficiently realistic approximation of the two parameters, allowing us to predict the values of a paint. It is important to stress that only lab tests can certify the actual values that describe the final behaviours of the coating.

 utilizzando l'espressione matematica seguente:

$$CPVC = \frac{1}{1 + \frac{OAI \cdot \rho_P}{93.5}}$$

Dove  $\rho_p$  è la densità del sistema di pigmenti, OAI è l'indice di assorbimento d'olio del sistema di pigmenti e 0,935 è la densità dell'olio di lino.

L'equazione (2) ci permette, mediante la determinazione dell'indice di assorbimento d'olio di una miscela nota del sistema di pigmenti, di calcolare il valore teorico di CPVC approssimato per il sistema di pigmenti in esame. Maggiore è il valore della densità dei pigmenti e/o l'indice di assorbimento d'olio e minore è il valore di CPVC.

Tale valore sarà più affidabile per pitture a base di leganti in soluzione rispetto a quelle a base di leganti in dispersione.

Al fine di applicare il modello illustrato, si vogliono determinare i valori di OAI e di CPVC teorici per una pittura il cui sistema di pigmenti è riportato in Tabella 1.

Per tale miscela sono stati determinati i valori sperimentali (metodo della Gilsonite) e teorici di OAI e CPVC (Tab. 2).

Dai dati riportati è possibile ricavare la percentuale di errore di OAI (pari a 2.1%), e di CPVC (pari a 3.8%).

Anche se diversi autori sconsigliano l'uso di questo calcolo per la determinazione teorica del CPVC (dovuto principalmente all'errore spesso accompagnato nella determinazione sperimentale di OAI), altri trovano questo modello predittivo altamente utile. Si può affermare che tale modello

rappresenta un'approssimazione abbastanza realistica per la determinazione dei due parametri, consentendo di predire i valori di una pittura. È importante puntualizzare che solo i test di laboratorio possono certificare i valori reali che ne descrivono i comportamenti finali del rivestimento.

**Tab.2 Experimental and theoretical OAI and CPVC values**

	Mixture Miscela
OAI exp.	283
OAI the.	289
CPVC exp.	45
CPVC the.	44

**Tab.2 Valori sperimentali e teorici di OAI e CPVC**