

# The effect of barrier pigments in coatings

# L'effetto barriera esercitato dai pigmenti nei rivestimenti

Lasse Isaksen - Jotun / Aida Kazagic - TechnipFMC

## INTRODUCTION

Many of us have the believe that we cannot get enough of a good thing, such as healthy food or exercise. The fact of the matter is that something as healthy as water can kill you if you drink too much of it.

Hopefully, we all agree that a good organic coating is one that can protect the steel from external, corrosive environment. Basic knowledge on corrosion mechanisms will also tell us that it is access of oxygen and water molecules on the steel surface that are essential for rust formation.

Therefore, many conclude that a good organic coating is one that is impermeable to these two species. Truth is that coatings known to provide excellent corrosion protection have permeability rates at the level where significant corrosion still can occur at steel-coating interface, so this explanation alone does not hold water.

Penetration trough the coating by an electrical charged atom, known as an Ion has shown to be a much more significant parameter for coating degradation.

## PERMEABILITY OF SPECIES

Organic coatings consist of a binder, solvents, extenders, pigments and eventually additives that promote certain properties.

Epoxy is a commonly used binder for anti-corrosive coatings. Epoxy coatings form a coating film upon reaction with a curing agent, resulting in a three-dimensional network. It is the structure of the final network that provides the final coating film properties, herby including permeability of both oxygen, water and most importantly ions. Coating film formation is a delicate process where even a slightest change in coating formulation or curing conditions can affect the permeability of the coating film to these species.

Some pigments are especially developed to enhance the barrier properties of the coating film.

## INTRODUZIONE

*Molti di noi credono che non sia possibile trarre sufficienti benefici da qualcosa di buono come il cibo salutare o l'esercizio fisico. Il fatto è che prodotti salutari come ad esempio l'acqua possono danneggiare se se ne abusa.*

*Fortunatamente, concordiamo tutti nel ritenere che un buon rivestimento organico è quello che può proteggere l'acciaio da un ambiente esterno corrosivo. Le conoscenze di base dei meccanismi della corrosione confermano che sono proprio l'accesso dell'ossigeno e delle molecole di acqua sulla superficie d'acciaio ad essere essenziali per la formazione della ruggine.*

*Di conseguenza, molti sono giunti alla conclusione che un buon rivestimento organico è tale in quanto è impermeabile all'acqua e all'ossigeno. La verità è che i rivestimenti che notoriamente forniscono un'eccellente protezione dal processo corrosivo presentano un grado di permeabilità tale da provocare un grado significativo di corrosione nell'interfaccia acciaio-rivestimento, quindi questa teoria non è sufficiente. L'infiltrazione nel rivestimento mediante un atomo a carica elettrica, noto come ione ha dimostrato di essere un parametro molto più significativo per la degradazione del rivestimento.*

## LA PERMEABILITÀ DEGLI ELEMENTI

*I rivestimenti organici sono costituiti da legante, solventi, cariche, pigmenti e infine dagli additivi che danno luogo a certe proprietà. L'epossidica è il legante comunemente usato per i rivestimenti anti-corrosione. I rivestimenti epossidici formano un film a seguito della reazione con il reticolante creando un reticolo tridimensionale.*

*Si tratta della struttura del reticolo finale che fornisce le proprietà finali del film, compresa la permeabilità dell'ossigeno, dell'acqua e, principalmente degli ioni. La formazione del film di rivestimento è un processo delicato dove anche il minimo cambiamento della formulazione del rivestimento o le condizioni di reticolazione possono influire sulla permeabilità del film di rivestimento di questi elementi.*

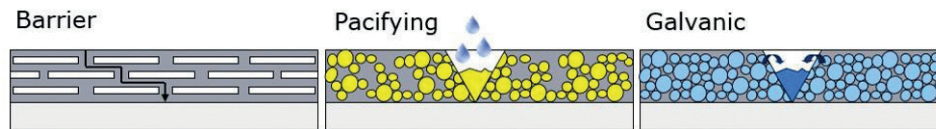


Fig. 1 Illustration show the basic principle of the 3-main types of anti-corrosive pigments  
*I principi di base delle 3 tipologie principali di pigmento anti-corrosione*

### ANTI-CORROSIVE PIGMENTS USED IN COATINGS

As stated above, when developing anti-corrosive coatings, raw materials used are carefully chosen to achieve the desired features. We categorize anti-corrosive pigments into following three main categories:

- Barrier pigments that provide an elongated travel distance for permeable species
- Pacifying pigments that provide a pacifying oxide layer on the steel surface
- Galvanic pigments that provide cathodic protection to the steel.

In the following discussion, focus will be kept on barrier pigments.

#### Barrier pigments

There are several materials that can be used as barrier pigments. The general feature is that the shape is flat or flake like, as can also be seen in Figure 1. Barrier pigments can also provide other features depending on the pigment material.

#### Aluminium pigments

The aluminium pigments primary function is as a barrier pigment. However, aluminium pigments have also shown to improve the resistance to cathodic disbonding if a direct contact to steel is provided. Research has shown that resistance to cathodic disbondment is improved when up to 10 weight % of aluminium is added to the formulation.

#### Glass Flake pigments

Glass flakes are borosilicate's. They are completely planar, unlike for example MIO (see below). Thickness and composition is critically important for high performance applications. In addition to barrier properties, glass flakes can provide both reinforcement and abrasion resistance; both of which improve mechanical properties of the coating film.

#### Micaceous Iron Oxide

Micaceous Iron Oxide (MIO) is iron oxide in a form that resembles mica, a highly structured, layered mineral. Minerals

*Alcuni pigmenti sono sviluppati specificatamente per migliorare le proprietà barriera del film di rivestimento.*

### PIGMENTI ANTI-CORROSIONE UTILIZZATI NEI RIVESTIMENTI

*Come affermato sopra, quando si sviluppa un rivestimento anti-corrosione,*

*le materie prime utilizzate vengono accuratamente selezionate per ottenere le proprietà desiderate. Si classificano i pigmenti anti-corrosione nelle tre seguenti categorie:*

- *pigmenti barriera che allungano le distanze dagli elementi permeabili*
- *pigmenti ad effetto barriera che creano uno strato di ossido sulla superficie dell'acciaio*
- *pigmenti galvanici che forniscono protezione catodica all'acciaio.*

*Nella seguente trattazione del tema ci si concentra sui pigmenti barriera*

#### **Pigmenti barriera**

*Esistono diversi materiali che possono essere utilizzati come pigmenti barriera.*

*La caratteristica generale è che la forma è piatta o simile a scaglia, come si osserva in fig. 1. I pigmenti barriera possono fornire anche altre proprietà in base al materiale di cui è costituito il pigmento.*

#### **Pigmenti di alluminio**

*I pigmenti di alluminio agiscono principalmente da pigmenti barriera. Tuttavia, essi hanno anche dimostrato di migliorare la resistenza al distacco catodico in caso di contatto con l'acciaio. Le attività di ricerca hanno mostrato che la resistenza al distacco catodico subisce delle migliorie quando si aggiunge nella formulazione fino al 10% in peso di alluminio.*

#### **Pigmenti di scaglie vetrose**

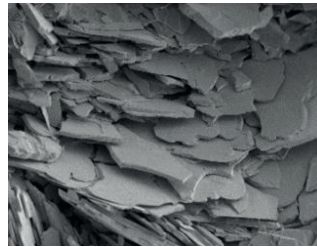
*Le scaglie di alluminio sono a base di borosilicati. Esse sono del tutto piatte diversamente dall'ossido di ferro micaceo (MIO) (vedi fig. 1). Lo spessore e la composizione sono molto importanti per le applicazioni di alta prestazione. Oltre alle proprietà barriera, le scaglie vetrose possono fornire sia un rinforzo che resistenza all'abrasione ed entrambi apportano migliorie alle proprietà meccaniche del film di rivestimento.*

#### **Ossido di ferro micaceo**

*Il MIO è ossido di ferro in una forma simile alla mica, un minerale molto strutturato e stratificato. I minerali con questa strut-*

**Fig. 2** Mica is a group of minerals that have perfect basal cleavage capable to slitt into thin laminae

*La mica appartiene a un gruppo di materiali dotati di un incavo basale perfetto per lamine di basso spessore*



**Fig. 3** Microscope photo photograph of bulk micaceous iron oxide (MIO) showing the laminar structure. The scale width is about 0.2 mm

*Immagine al microscopio dell'ossido di ferro micaceo in volume (MIO) che mostra la struttura laminare. La larghezza in scala è pari a circa 0,2 mm*

with this highly layered structure are termed lamellar. When MIO pigments are ground into smaller, finer particles, they tend to cleave along their layers, revealing flat, shiny faces that act like tiny mirrors. These tiny mirrors reflect UV light, protecting the resin from degradation and give the coating an attractive “sparkle”. The lamellar shape also offers additional barrier protection.



**Fig. 4** shows that the barrier effect is highly dependent on the shape and size of the barrier pigment. Both images in the illustration show the same weight % of the barrier pigment

*Si osserva che l'effetto barriera dipende molto dalla forma e dalla dimensione del pigmento barriera stesso. Entrambe le immagini dell'illustrazione mostrano lo stesso peso % del pigmento barriera.*

Iron oxide (rust) is chemically stable (inert), as it cannot rust any further, iron oxide is therefore an excellent pigment, and MIO even better, for use in protective coatings for steel.

#### CHALLENGES WHEN SPECIFYING A SPECIFIC AMOUNT OF BARRIER PIGMENT

Illustrations below show some challenges when the specific weight % of a barrier pigment is specified. Can you tell what the issue is? Which paint do you think will have a better barrier effect?

It is obviously illustration on the left-hand side that shows the optimal barrier film.

#### CONCLUSION

An anti-corrosive coating is composed of a binder, solvents, extenders, pigments and eventually additives. In addition, a curing agent is used to form a tough coating film with good adhesion and anti-corrosive properties. The anti-corrosive properties are dependent on the permeability of the film

*tura altamente stratificata sono definiti lamellari. Quando i pigmenti MIO vengono macinati in particelle molto piccole e fini tendono ad aderire lungo i loro strati, mostrando una superficie piatta, brillante che le fa apparire come minuscoli specchi.*

*Questi ultimi riflettono la luce UV proteggendo la resina dalla degradazione e dando al rivestimento una particolare lumino-*



**Fig. 5** Shows that the alignment of the barrier pigments is highly dependent on the remaining composition of the coating. A good alignment can only be achieved if the entire formulation is optimised to provide good barrier properties

*Si osserva che l'allineamento dei pigmenti barriera dipende in modo considerevole dalla composizione rimanente del rivestimento. Un buon allineamento è possibile soltanto se tutta la formulazione viene ottimizzata per fornire proprietà barriera soddisfacenti*

*sità. La forma lamellare offre inoltre una protezione a barriera aggiuntiva.*

*L'ossido di ferro (ruggine) è chimicamente stabile (inerte) in quanto non può formare altra ruggine; l'ossido di ferro è quindi un pigmento eccellente e ancora di più MIO per l'uso nei rivestimenti protettivi per l'acciaio.*

#### LE SFIDE LANCIATE DALLA SPECIFICAZIONE DI UNA QUANTITÀ PRECISA DI PIGMENTO BARRIERA

*Le figure mostrano alcune delle sfide dettate dalla specificazione del peso specifico in % di un pigmento barriera. Qual è il punto? Quale pittura avrà un effetto barriera migliore? E' sicuramente il pigmento rappresentato a sinistra a fornire il film barriera ottimale.*

#### CONCLUSIONI

*Un rivestimento anti-corrosione è costituito da un legante, solventi, cariche, pigmenti e infine additivi. Oltre a questi,*

towards transport of oxygen, water and, most importantly, ions. The permeability of the film is governed by the formation of the three-dimensional network.

Some pigments are especially developed to enhance the barrier properties of the coating film.

This includes aluminium, glass flakes and MIO. However, specifying specific amounts of these pigments can be counter-productive in terms of barrier properties of the film. This is because the formation of the coating film is a finely tuned chemical process where all components contribute. What is optimal for one formulation will most likely not be optimal for another formulation.

For these reasons, focus should be placed on coating performance under specified test conditions rather than on specification of chemical components or specific amounts of pigments.

#### REFERENCES

- 1) Effect of Barrier Pigments on Cathodic Disbonding, O.Ø.Knudsen, E.Bardal and U.Steinsmo.

*si utilizza un agente di reticolazione per formare un film di rivestimento resistente dotato di buone proprietà adesive e anti-corrosione. Queste ultime dipendono dalla permeabilità del film al trasporto di ossigeno, acqua e, ancora più importante, degli ioni. La permeabilità del film è determinata dalla formazione di un reticolo tridimensionale.*

*Alcuni pigmenti sono stati sviluppati specificatamente per migliorare le proprietà barriera del film di rivestimento. Fra queste si citano l'alluminio, le scaglie vetrose e MIO.*

*Tuttavia, specificare le quantità definite di questi pigmenti può essere controproducente per quanto concerne le proprietà barriera del film.*

*Ciò perché la formazione del film di rivestimento è un processo chimico ben calibrato in cui tutti i componenti giocano il loro ruolo. Quel che è ottimale per una formulazione non sarà altrettanto per un'altra.*

*Per queste ragioni, l'attenzione deve essere rivolta in particolare alla prestazione del rivestimento alle condizioni del test specificate e non sulla specifica di componenti chimici o sulle quantità specifiche dei pigmenti.*