



VIOLET, PURPLE, BLUE AND GREEN: INTERFERENCE COLOURS WITH INNOVATIVE PVD TECHNOLOGIES

Viola, porpora, azzurro, verde: i colori d'interferenza con innovative tecnologie PVD

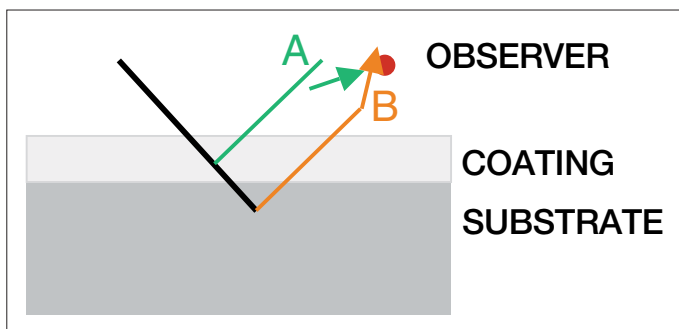
Beatrice Barba

P&P Holding,
Bedizzole (BS), Italy
marketing@p-pholding.com

Interference colours

The attention to the design and the product diversification has led to the increasing need to develop surface finishes with a greater variety of colours. In this context, the interference or structural colours, such as blue, purple and green, are becoming increasingly popular. When we look at an object with these colours, our eye is reached by two superimposed light waves: one is reflected by the upper face of the film, which is in contact with the atmosphere (A - Fig. 1), and the other one by its lower face, which is in contact with the substrate (B - Fig. 1). The second light wave, unlike the first one, has to cross the coating twice (Fig. 1).

The different behaviour of the light waves generates different visual effects. When the two oscillations are in perfect synchronisation, the two superimposed waves are reinforced,



1
The interference phenomenon.
Il fenomeno dell'interferenza.

I colori d'interferenza

Ricercatezza nel design e diversificazione dei prodotti ha portato alla crescente necessità di sviluppare finiture superficiali con una maggiore varietà cromatica. Sempre più diffusi, infatti, sono i colori d'interferenza o strutturali – quali ad esempio azzurro, viola, verde. Quando osserviamo un oggetto di queste tonalità, il nostro occhio è raggiunto da due onde luminose sovrapposte: una riflessa dalla faccia superiore del film che è a contatto con l'atmosfera (A – fig. 1) e l'altra dalla faccia inferiore che è invece a contatto con il substrato (B – fig. 1). La seconda onda luminosa effettua in più, rispetto alla prima, un doppio attraversamento del rivestimento (fig. 1).

Il diverso comportamento delle onde luminose, quindi, genera un diverso effetto visivo. Quando fra le due oscillazioni vi è una perfetta sincronia, le due onde sovrapponendosi si rafforzano, mentre se le due oscillazioni sono in

but if the two oscillations are in phase opposition, they cancel out by summing up. In the intermediate situations, finally, there can be an additive or subtractive interference and a consequent strengthening or weakening of certain colour bands. The delay of the second light wave causes the elimination of a colour component and, therefore, the appearance of the complementary colour. For example, if the blue, green or yellow component disappears, the surface appears yellow, red, mauve or blue. In other words, the elimination of a band and the consequent appearance of the complementary hue take place when the thickness of the coating is such that the rays reflected by the inner and outer surfaces are offset by half a wavelength or by an odd number of half-wavelengths. It is therefore clear that the thickness of a coating plays a crucial role in its colouring process.

Materials and technologies to obtain interference colours

Many technologies allow to create interference colours.

One of the most known ones is the anodic oxidation, an electrolytic process carried out in order to increase the thickness of the oxide film naturally present

on titanium and other metals (e.g. aluminium), so as to improve their resistance to corrosion and abrasion and, at the same time, provide various types of colours. This production process was introduced in the late 60s and is carried out by immersing the sample in an electrolytic solution.

The properties of the oxide film depend on the composition of the bath and the operating conditions (temperature and current density). The graph in **Figure 2** shows the evolution of the coating colouring as a function of the thickness and the electrical potential applied to the solution.

opposizione di fase, sommandosi si annullano. Nelle situazioni intermedie si potrà avere, a seconda dei casi, un'interferenza additiva o sottrattiva e conseguentemente un rafforzamento o affievolimento di certe bande di colore.

Il ritardo della seconda onda luminosa provoca l'eliminazione di una componente cromatica e quindi la comparsa del colore complementare. Ad esempio, se l'estinzione riguarda la componente blu, verde o gialla la superficie appare gialla, rossa, malva o blu. Ovvero, l'eliminazione di una banda e la conseguente apparizione della tinta complementare ha luogo quando lo spessore del rivestimento è tale per cui i raggi riflessi dalla superfici interna ed esterna risultano sfasati di mezza lunghezza d'onda o di un numero dispari di mezza lunghezze d'onda.

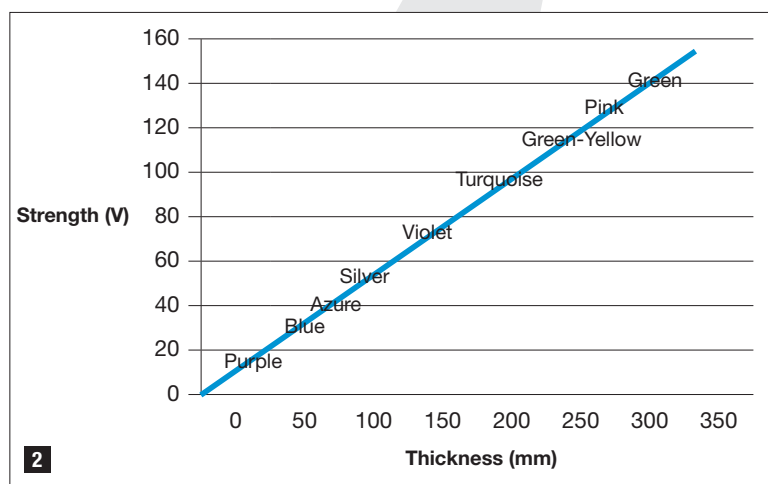
È chiaro, quindi, quanto lo spessore del rivestimento giochi un ruolo fondamentale nella definizione della colorazione.

Materiali e tecnologie per ottenere i colori d'interferenza

Numerose sono le tecnologie utilizzate per ottenere i colori d'interferenza.

Una tra le più conosciute è sicuramente l'ossidazione anodica, un processo elettrolitico realizzato allo scopo di aumentare il film di ossido naturalmente presente

sul titanio e altri metalli (ad esempio l'alluminio) in modo da migliorarne la resistenza alla corrosione e all'abrasione ed allo stesso tempo fornire diverse tipologie di colorazioni. Tale processo produttivo è stato introdotto alla fine degli anni '60 e si effettua immergendo il campione in esame in una soluzione elettrolitica. Le proprietà dei film di ossido dipendono dalla composizione del bagno e dalle condizioni operative (temperatura e densità di corrente). Il grafico in **figura 2** mostra l'andamento della colorazione del rivestimento in funzione dello spessore e del potenziale elettrico applicato alla soluzione.



2 **Andamento della colorazione del rivestimento in funzione dello spessore e del potenziale elettrico applicato alla soluzione.**

Andamento della colorazione del rivestimento in funzione dello spessore e del potenziale elettrico applicato alla soluzione.

Another technology used for the interference deposits is the galvanic treatment. With this process, it is possible to obtain many different colours, but the levels of reproducibility are low, both between different batches and within the same bath.

Furthermore, the increasingly strict regulations on the protection of the environment and workers have made this type of coating even more disadvantageous. Several expedients must now be adopted in terms of disposal of pollutants. During the galvanic deposition process, a very important role is played by both the deposition time and the temperature of the bath, as well as the concentrations of the solutions.

To increase the variety of substrates on which it is possible to apply coatings with the most varied colours, the preferred choice is often the PVD (Physical Vapour Deposition) process, i.e. an atomic deposition process in which the material is evaporated from a solid source in the form of atoms or molecules and then transported in the form of vapour through a vacuum to the substrate where it condenses.

Especially for interference colours, however, the most used technology is Magnetron Sputtering (Fig.3). The

plasma within the deposition chamber – generally consisting of atoms of Argon – has the function of eroding the target material (normally titanium, chromium or niobium). In this way, the atoms liberated – with opposite charge – are attracted onto the surface to be coated.

The PVD process is generally used to create coatings with a thickness of a few tens or hundreds of nanometres. As previously mentioned, in the case of interference colours, the control of the coating thickness during the production process is particularly important in order to obtain the right colour.

The **Table 1** roughly summarises the thickness needed to create different shades.

Un'ulteriore tecnologia utilizzata per i depositi d'interferenza è il trattamento galvanico. Tramite questo processo è possibile ottenere svariate colorazioni, tuttavia i livelli di riproducibilità sono bassi sia tra lotti differenti che all'interno dello stesso.

Inoltre, le sempre più ristrette normative a riguardo della tutela ambientale e dei lavoratori, hanno portato ulteriori svantaggi a questo tipo di rivestimento. Numerosi interventi al processo devono essere presi a riguardo dello smaltimento delle sostanze inquinanti.

Durante il processo di deposizione galvanico giocano un ruolo molto importante sia il tempo di deposizione, sia la temperatura del bagno e delle concentrazioni delle soluzioni del bagno.

Per aumentare la varietà di substrati sui quali poter applicare rivestimenti con le più svariate colorazioni, spesso si preferisce il processo PVD _ Physical Vapour Deposition, ovvero processi di deposizione atomica nei quali il materiale viene evaporato da una sorgente solida in forma di atomi o molecole e trasportato in forma di vapore attraverso un ambiente sottovuoto fino al substrato dove condensa.

In particolare per i colori d'interferenza, la tecnologia più utilizzata è quella Magnetron Sputtering

(fig. 3). Il plasma all'interno della camera di deposizione – generalmente costituito da atomi di Argon – ha la funzione di erosione del target (generalmente titanio, cromo o niobio). In questo

modo gli atomi liberati, con carica opposta, sono attratti sulla superficie da rivestire.

Generalmente il PVD viene utilizzato per creare rivestimenti di poche decine o centinaia di nanometri. Come detto precedentemente, per i colori d'interferenza risulta particolarmente importante nel processo produttivo il controllo dello spessore del rivestimento per determinare la giusta colorazione.

La **tabella 1** riassume indicativamente gli spessori necessari per creare le diverse tonalità.



3 Colours obtained by PVD technology (photo courtesy of P&P).

Colorazioni ottenute tramite tecnologia PVD (foto autorizzata da P&P).

Thickness (nm)	Colour
40 - 50	Dark violet
80	Blue
100	Light blue
110	Azure
130	Turquoise green
200	Violet

Table 1: Coating thicknesses necessary to obtain different hues.

The PVD coatings, besides the possibility to obtain different colours, also allow to improve the technical characteristics of the product, thanks to their high resistance to scratching and abrasion and their surface hardness. The **Table 2** summarises the advantages of the PVD technology for the production of interference colours.

BENEFITS OF THE PVD TECHNOLOGY
Colour uniformity
High reproducibility
Different materials treatable
Eco-friendly technology
Variable levels of productivity

Table 2: The advantages of the PVD technology for the production of interference colours.

In the case of interference colours, one of the main problems posed by the PVD processes is definitely the colour uniformity on objects with very complex shapes. The only exception is for the blue colour: the optimisation of the production processes allows to control the accretion of the film on the whole substrate in a uniform manner, thus ensuring the obtainment of a uniform blue colour.

Lately, in order to improve the performance of the end product, it has been preferred to combine different production methods. A first solution involves anodic oxidation and PVD coating: more and more often, actually, the industry chooses to use both these technologies. The first layer of coating is created with the PVD technology, usually by depositing titanium or niobium; afterwards, the coating is treated

Tabella 1: Spessore del rivestimento necessario per il raggiungimento delle diverse tonalità.

Il rivestimento PVD, oltre alle diverse colorazioni, offre la possibilità di aumentare le caratteristiche tecniche del prodotto, grazie all'elevata resistenza al graffio, all'abrasione e durezza superficiale. La **tabella 2** riassume i vantaggi della tecnologia PVD per la produzione dei colori d'interferenza.

Tabella 2: I vantaggi della tecnologia PVD per la produzione dei colori d'interferenza

Nel caso delle colorazioni d'interferenza una delle problematiche principali dei processi PVD è sicuramente l'uniformità della colorazione per oggetti con forme geometriche molto complesse. Può essere fatta un'unica eccezione per il blu. L'ottimizzazione dei processi produttivi, infatti, permette il controllo dell'accrescimento del film su tutto il substrato in maniera uniforme garantendo l'ottenimento di un colore blu uniforme.

Ultimamente, per aumentare le prestazioni del prodotto finale, si preferisce abbinare diverse fasi produttive. Una prima soluzione riguarda l'ossidazione anodica e il rivestimento PVD. Sempre più spesso, infatti, le aziende utilizzando entrambe le tecnologie.

Il primo strato di coating è fatto attraverso la tecnologia PVD, generalmente depositando titanio o niobio, e successivamente viene applicata un'ossidazione anodica sul rivestimento per ottenere la colorazione desiderata.

We update tradition.

TORAN 3

L'unico sistema di pretrattamento monostadio, a freddo e che non produce rifiuti.

The only pre-treatment process which works in one step, at room temperature and with no waste creation.



Chemtec[®]
Updated tradition.

with anodic oxidation so as to obtain the required colour.

In other cases, the galvanic and PVD processes can be combined. A protective layer is generated by electrodeposition to prepare the base surface; then, the colour is obtained using the PVD technology.

The base material, the applications, the morphology of the product, the production costs and especially the quality level to be achieved influence the choice and combination of the different production processes.

Interference colours and high productivity with the PVD technology

The application of PVD coatings on steel sheets or coils is increasingly widespread in the construction industry and beyond.

The PVD plants, in fact, can be both batch and in-line systems, which greatly increases the productivity levels and the size of the objects that can be coated.

Figure 4 shows an example of a plant for the treatment of large steel sheets. The system consists of several chambers connected to each other. The number of chambers and sources necessary to the deposition varies depending on the level of productivity to be obtained.

Conclusions

The higher performance technical features and the wide variety of colours and eco-friendly production processes are the main features of PVD coatings. The technological advances and the process improvement have quickly led to the use of vacuum technology in different application fields.

Another aspect on which P&P, the leader of this sector, focuses day after day is flexibility. Its plant division, thanks to the work of the R&D laboratories, has developed a wide variety of solutions tailored to the production needs of each customer, by ensuring the company's continued success in the market. ■

In altri casi, invece, la combinazione tra diversi processi produttivi può avvenire tra rivestimento galvanico e PVD. In questo caso viene generato uno strato protettivo tramite elettrodeposizione in modo tale da preparare la superficie di base. Successivamente il colore viene realizzato tramite tecnologia PVD.

Il materiale di base, le applicazioni, la morfologia del prodotto, i costi produttivi e soprattutto il livello qualitativo che si vuole raggiungere influiscono sulla scelta e la combinazione dei diversi processi produttivi.

Colori d'interferenza ed alti livelli di produttività tramite tecnologia PVD

Sempre più diffuse sono le applicazioni dei rivestimenti PVD su lastre di acciaio o su coil per il settore edilizio e non solo.

Gli impianti PVD, infatti, possono essere sia batch che in linea, aumentando notevolmente la produttività e la dimensione degli oggetti rivestiti.



Figura 4: Esempio di un impianto in linea per deposizione PVD su lastre di acciaio inox (Impianto Flexline, courtesy of P&P). La figura mostra un esempio di impianto per la realizzazione di grosse lastre d'acciaio. Il sistema è costituito da diverse camere collegate tra loro.

Il numero di camere e sorgenti installate necessarie alla deposizione varia a seconda del livello di produttività che si vuole ottenere.

Conclusioni

Caratteristiche tecniche più performanti, ampia varietà cromatica e processi produttivi rispettosi dell'ambiente sono le caratteristiche principali dei rivestimenti PVD. L'evoluzione tecnologica ed il miglioramento dei processi ha portato rapidamente all'utilizzo della tecnologia sotto vuoto in diversi campi applicativi.

Un ulteriore aspetto, curato con attenzione giorno dopo giorno dall'azienda leader in questo settore P&P, è la flessibilità. La divisione impianti, infatti, grazie ai laboratori di ricerca e sviluppo interni ha sviluppato un'ampia varietà di soluzioni personalizzate in base alle esigenze produttive dei singoli clienti garantendo un duraturo successo sul mercato. ■

4

Example of an in-line PVD deposition plant for stainless steel plates (Flexline system, courtesy of P&P).

Esempio di un impianto in linea per deposizione PVD su lastre di acciaio inox (Impianto Flexline, courtesy of P&P).

4