

How to reach peak performance in solvent-based pigment dispersions in an economical and sustainable way?

Come ottenere la massima prestazione nei concentrati di pigmento a base solvente in modo sostenibile ed economico?

Hans Jürgen Seiberth (Germany), Dr. Gordana Cifali (Italy), Dr. Sascha Oestreich (Germany), Andrea Schamp (Germany) - BASF



H.J. Seiberth



G. Cifali

Molto di frequente, le nuove tecnologie immesse sul mercato promettono prestazioni massime a costi superiori. Grazie a questo studio, si intende dimostrare che la combinazione ottimale delle materie prime è molto importante e può agevolare il formulatore a risparmiare tempo e materie prime riducendo altresì i costi energetici.

Quanto affermato sarà dimostrato dalla scelta di uno dei nostri prodotti più recenti, Efka®PX 4751 in combinazione con una resina da macinazione già apprezzata e molto compatibile (Laropal® A81) per la preparazione di resine contenenti concentrati pigmentari (RCPC) insieme ai pigmenti più comuni utilizzati nell'ambito dell'industria di prodotti vernicianti.

La prestazione verrà verificata rispetto allo sviluppo della tinta e ai tempi di macinazione in un sistema a base solvente standard di fascia alta.

INTRODUZIONE

La macinazione del pigmento è una fase operativa determinante nel processo di produzione della pittura. Esso richiede pigmenti costosi, alti consumi di energie e influenza molte proprietà del rivestimento finale. Per potenziare al massimo l'utilizzo dei pigmenti, è spesso necessario l'ausilio di disperdenti estremamente specifici, sebbene la maggior parte dei produttori di rivestimenti e pitture siano da sempre alla ricerca di un disperdente universale che sia compatibile con tutti i pigmenti. Ciò è particolarmente vero quando ci si riferisce alle applicazioni ad alta prestazione. Sono disponibili molte tecnologie per lo sviluppo di disperdenti commerciali e queste possono essere suddivise approssimativamente in due categorie. La tecnologia "tradizionale" si riferisce ai disperdenti in base ai quali il processo produttivo consente un controllo limitato della struttura polimerica. I disperdenti basati sulla polimerizzazione radicalica classica sono un esempio di questo gruppo, come rappresentato in fig. 1. Sebbene il processo di polimerizzazione casuale riesca a produrre disperdenti soddisfacenti, i polimeri con una struttura definita risultano molto più efficaci. Esempi di questo secondo gruppo sono i copolimeri a blocchi. Questi ultimi in particolare sono stati studiati in modo approfondito in ambito industriale e accademico^[1] poiché consentono di realizzare polimeri ben definiti con un eccellente controllo sulla funzionalità. Altre tipologie di disperdente ad alto peso molecolare sono rappresentate da disperdenti con strutture a forma di stella. Tali disperdenti presentano una morfologia core-shell. Essi sono polimeri ad alta efficacia disperdente con un ampio

Very often, new technologies introduced to the market promise peak performance at the expense of higher costs. With this study, we would like to show that an optimal combination of raw materials is very important and can help the formulator save time and raw materials as well as reduce energy costs. This will be demonstrated by choosing one of our most recent products, Efka®PX 4751 in combination with a well-accepted and very compatible grinding resin (Laropal® A 81) to prepare resin containing pigment concentrates (RCPC) with some of the most common pigments used in the coatings industry. Performance will be monitored with respect to color development and grinding times in a standard high-end, solvent-based system.

INTRODUCTION

Pigment dispersing is a key step in the paint preparation process. It involves expensive pigments, consumes a lot of energy and determines many properties of the final coating. To maximize the use of pigments, it is often necessary to use highly specific pigment dispersing agents even though the dream of most paint and coating manufacturers would be to have a universal dispersant that fits every pigment. This is especially true for high-performance applications. Many different technologies are available for the design of commercial dispersing agents and these can roughly be divided into two categories. The first "traditional" one relates to dispersing agents for which the production process only allows limited control over polymer architecture. Dispersing agents based on random free radical polymerization are an example of this group, as schematically shown in figure 1. Although the random polymerization process can lead to good dispersing agents, polymers with a defined architecture are usually much more effective. Examples of this second group are block copolymers. Block copolymers in particular have been studied intensively in industry and academia^[1], as they allow the preparation of well-defined polymers with excellent control over functionality. An additional type of high molecular weight dispersants are star-shaped dispersant structures. Star-shaped dispersing polymers have a core-shell morphology. They are highly efficient dispersing polymers with a very broad applicability and excellent viscosity reduction in pigment concentrates. During the dispersing step, the polymer segments in the core adsorb on the pigment surface. The very high density of pigment-affinic groups results in a very strong adhesion on the pigment surface. The polymer chains in the shell disperse into the solvent and stabilize the pigment very effectively.

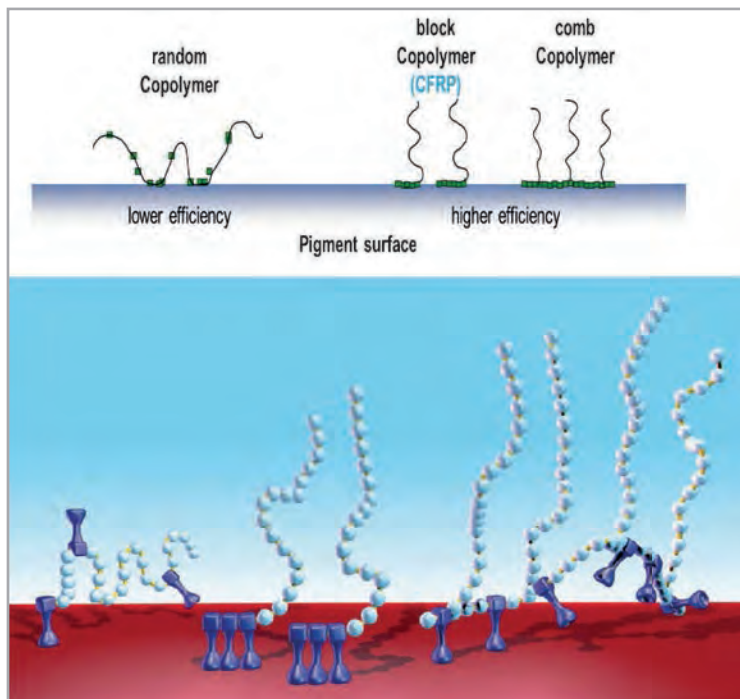


Fig. 1
Examples of polymer architectures for pigment dispersing agents
Esempi di strutture del polimero per agenti disperdenti pigmentari

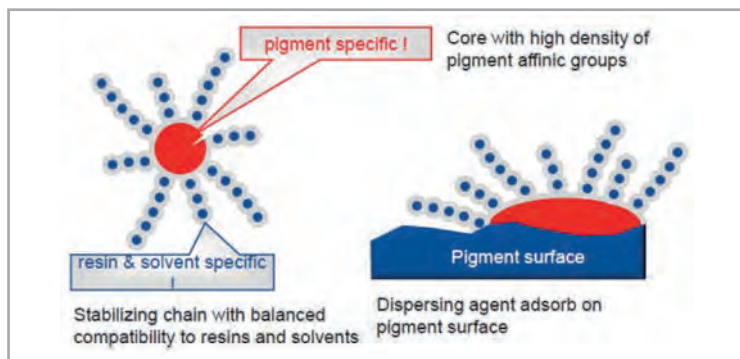


Fig. 2
Design of a star-shaped dispersant
Struttura di un disperdente a forma di stella

Star-shaped dispersing polymers have performed outstandingly well with both organic and inorganic pigments and enable high pigment loads at low viscosities and excellent color development. They have a wide compatibility with several binders such as acrylic/CAB, 2K PU, Alkyd /melamine, 2K epoxy systems and perform very well in combination with the Laropal® A 81 grinding resin.

We have been studying the use of block copolymers as pigment dispersants extensively, and have found that the Controlled Free Radical Polymerization (CFRP) technology is very suitable for use in coatings and inks and has been demonstrated to be highly successful in the industry.

Resin containing pigment concentrates based on Laropal® A 81 and Efka® PX 4751 improve both the production efficiency and the cost-effectiveness of coating products offering the following benefits:

- Synergistic effect between a very well known and established grinding resin in the market (compatible with a broad range of paint systems and soluble in many solvents) and star-shaped dispersing agent (which enhances pigment wetting properties and color strength while decreasing mill base viscosity)

spettro di applicabilità e un'eccellente riduzione della viscosità nei concentrati pigmentari.

Durante la fase disperdente, i segmenti polimerici nel core vengono adsorbiti sulla superficie del pigmento. L'alta densità dei gruppi pigmento-affini produce un'adesione molto elevata sulla superficie del pigmento. Le catene polimeriche del guscio esterno si disperdono nel solvente e stabilizzano il pigmento in modo molto efficace.

I polimeri disperdenti a forma di stella hanno dimostrato di offrire un'ottima prestazione sia con pigmenti organici che inorganici consentendo l'utilizzo di alte concentrazioni di pigmento a basse viscosità e un'eccellente sviluppo del colore. Essi mostrano una notevole compatibilità con diversi leganti come resine acriliche/CAB, bicomponenti PU, alchidiche/melaminiche, bicomponenti epossidiche e offrono un'eccellente prestazione in combinazione con la resina da macinazione Laropal® A 81.



Fig. 3
Schematic representation of a star-shaped dispersant
Rappresentazione schematica di un disperdente a forma di stella

Abbiamo studiato estensivamente l'utilizzo di copolimeri a blocchi in qualità di disperdenti di pigmento e abbiamo scoperto che la tecnologia della Polimerizzazione Radicale controllata (CFRP) si presta particolarmente bene ad essere utilizzata sia in sistemi vernicianti che in inchiostri e ha riscosso enorme successo in ambito industriale.

I concentrati di pigmento a base di Laropal® A 81 ed Efka PX 4751 incrementano l'efficienza del processo produttivo e dei costi dei rivestimenti offrendo i seguenti benefici:

- *effetto sinergico fra resine di macinazione consolidate sul mercato (compatibili con un'ampia serie di pitture e solubili in molti solventi) e il disperdente a forma di stella (che migliora le proprietà bagnanti del pigmento e la tenuta del colore diminuendo la viscosità dell'impasto)*
- *nessun effetto di affioramento o flottazione*
- *riduzione della complessità dei sistemi coloranti^[2]*
- *minore viscosità dell'impasto e ottima stabilità allo stoccaggio delle paste^[2]*
- *utilizzabilità nei moderni sistemi coloranti computerizzati che consentono di garantire una produzione e fornitura veloci, economiche anche in caso di piccole produzioni.*

Questa ottimale combinazione di resina e disperdente polimerico a stella ottimizza sia l'utilizzo dei pigmenti inorganici che di quelli organici ad alta prestazione consentendo di sviluppare un sistema tintometrico compatibile con un'ampia gamma di pitture/basi^[2].

Disperdenti per applicazioni a base solvente con struttura polimerica avanzata
Le esperienze maturate durante le attività di sviluppo passate sono state incorporate nei disperdenti polimerici avanzati di ultima generazione. Questi prodotti sono stati messi a punto nell'intento di disperdere i pigmenti Cu-ftalocianina, fra i più importanti pigmenti organici utilizzati dall'industria produttrice di sistemi vernicianti e inchiostri. I disperdenti polimerici di nuova generazione si basano su nuovi processi chimici di ancoraggio grazie a cui si ottiene un forte assorbimento sulle diverse categorie di pigmenti ftalocianina. Ciò riduce la necessità di usare "pigmenti ad effetto sinergico", che possono causare effetti collaterali negativi nel rivestimento finale, come separazioni o la perdita di tinta. La struttura a stella del polimero ha dimostrato in particolare di apportare grandi vantaggi e con i dati riportati qui di seguito, si intende dimostrare la sua eccellente prestazione anche in combinazione con altri pigmenti organici ed inorganici.

PUNTI DI FORZA DELL'APPLICAZIONE: RILEVAZIONE DEI DATI E RISULTATI

È stata preparata una serie di concentrati di pigmento usando il disperdente a stella Efka®PX 4751 insieme a Laropal®A 81 come resine di macinazione. La prestazione dei concentrati è stata verificata per i seguenti pigmenti inorganici e organici (tab 1).

I concentrati di pigmento sono stati sviluppati con un dosaggio, reologia e stabilità ottimali per poi essere valutati in un sistema a base solvente alchidico/melamminico rispetto a:

- lo sviluppo della tinta vs concentrazione di disperdente
- il tempo di macinazione.

TEST PRESTAZIONALI: SVILUPPO DELLA TINTA IN RELAZIONE AL RAPPORTO PIGMENTO/DISPERDENTE

I grafici delle figg. 4-9 mostrano lo sviluppo di tinta relativo sull'asse y e la quantità di disperdente su pigmento sull'asse x dopo una macinazione della durata di 90 minuti. Si osserva chiaramente che con Efka®PX 4751 si ottiene una maggiore intensità cromatica, anche con concentrazioni inferiori di disperdente, per tutti i pigmenti riportati in tab. 2, rispetto al disperdente a base di polimero a blocchi preso come campione di riferimento.

TEST PRESTAZIONALI: SVILUPPO DELLA TINTA IN RELAZIONE AL TEMPO DI MACINAZIONE

Grazie alla sua struttura polimerica, il nuovo disperdente Efka®PX 4751 viene assorbito molto velocemente sulla superficie del pigmento riducendo di conseguenza i tempi di macinazione. Ciò si traduce in un risparmio di tempo e di energia con un conseguente notevole contributo alla sostenibilità (figg. 10-15). Come sintetizzato in tabella 2, grazie all'elevato potere disperdente di Efka®PX 4751 si ottiene lo stesso sviluppo di tinta anche in caso di riduzione dei tempi di macinazione da un minimo del 42% (come nel caso del PB 60) a un massimo del 90% (come nel caso del PR 101).

Nel caso di PR 101 e P Bk7, pur diminuendo in grande misura i tempi di macinazione, lo sviluppo di tinta raggiunto con i concentrati a base di Efka®PX 4751 è risultato maggiore dell'20% rispetto al campione di riferimento.

- No flooding or floating
- Reduction of complexity in the tinting system^[2]
- Much lower mill base viscosity and a very good storage stability of the pastes prepared^[2]
- Suitability for today's modern computerized tinting systems, ensuring fast, economical manufacture and supply, as well as efficient small-order production. This suitable combination of grinding resin and star-shaped polymer optimises the usage of both inorganic and high performance organic pigments and enables the design of a tinting system which is compatible with a wide range of paints.^[2]

Dispersing agents for solvent-based applications based on advanced polymeric design

Experience from past developments has been incorporated into the latest generation of advanced polymeric dispersants. These products have been designed with the main focus on dispersing Cu-phthalocyanine pigments, one of the most important organic pigments in the coatings and inks industry. The newly advanced polymeric dispersants are based on new anchoring chemistries that strongly adsorb onto the different classes of phthalocyanine pigments. This reduces the need for "pigment synergists", which can cause negative side effects in the final coating such as leaching and color fading. The star-shaped polymer structure in particular has proved to be beneficial and with the data below, we would like to demonstrate its excellent performance with other organic and inorganic pigments too.

APPLICATION HIGHLIGHTS: RESULTS AND FINDINGS

A series of pigment concentrates was prepared using the star-shaped dispersant polymer Efka®PX 4751 and Laropal®A 81 as grinding resin.

The performance of the concentrates was monitored with the following inorganic and organic pigments (Tab. 1).

Pigment Pigmenti	Color Index Indice tinte
Bayferrox® Red 130 M	PR 101
Cinquasia® Magenta L 4530	PR 202
Heliogen® Green L 8730	PG 7
Paliogen® Blue L 6482	PB 60
Paliogen® Yellow L 2146	PY 139
Special Black 4	P Bk 7

Tab. 1
Pigment and color indexes
Indice pigmenti e tinte

Pigment concentrates were developed with optimum dosage, rheology and stability and subsequently monitored in a solvent-borne alkyd/melamine system with respect to:

- color development versus dispersant concentration
- grinding time.

PERFORMANCE TESTS: COLOR DEVELOPMENT VERSUS PIGMENT/DISPERSANT RATIO

The graphs 4 to 9 show the relative color strength on the y axis and the quantity of dispersant on pigment on the x axis after 90 minutes' grinding. It can be clearly seen that with Efka®PX 4751, better color strength – even at lower dispersing agent concentration – was achieved for all pigments summarized in table 2 compared to the block polymer-based dispersant which was taken as a benchmark.

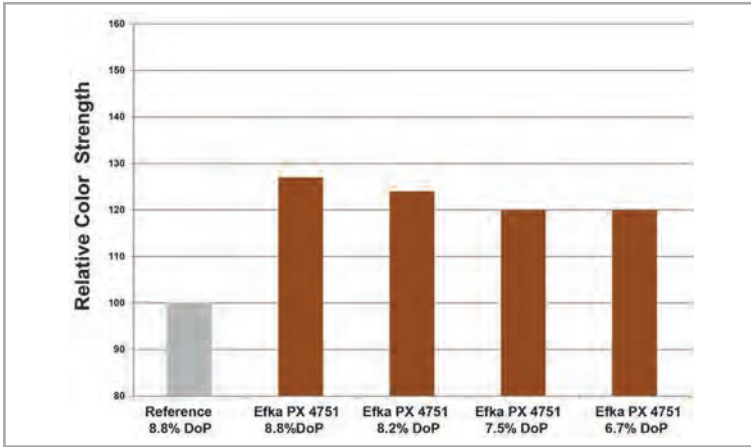


Fig. 4
Relative color strength of 5% pigment concentrate based on Bayferrox® RED 130 M at 65% in Laropal® A81 in an industrial alkyd/melamine system
Sviluppo di tinta relativo di un concentrato di pigmento al 5% a base di Bayferrox® RED 130 M al 65% in Laropal® A81 in un sistema melammina/alchidico d'uso industriale

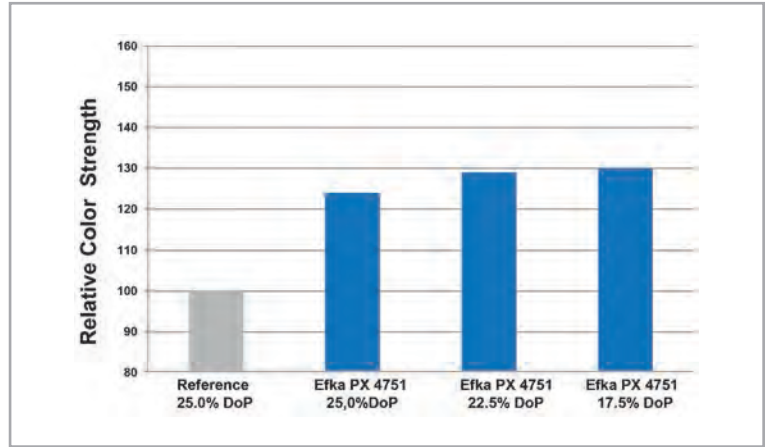


Fig. 5
Relative color strength of 5% pigment concentrate based on Paliogen® Blue L 6482 at 20% in Laropal® A81 in an industrial alkyd/melamine system
Sviluppo di tinta relativo di un concentrato di pigmento al 5% a base di Paliogen® Blue L 6482 al 20% in Laropal® A81 in un sistema melammina/alchidico d'uso industriale

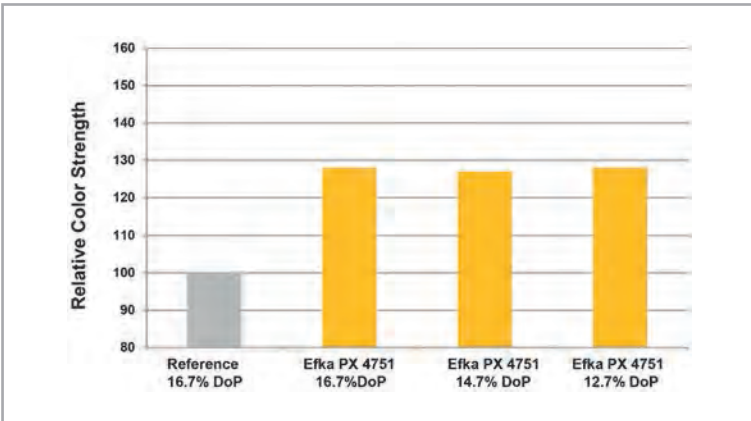


Fig. 6
Relative color strength of 5% pigment concentrate based on Paliogen® Yellow L 2146 at 49% in Laropal® A81 in an industrial alkyd/melamine system
Sviluppo di tinta relativo di un concentrato di pigmento al 5% a base di Paliogen® Yellow L 2146 al 49% in Laropal® A81 in un sistema melammina/alchidico d'uso industriale

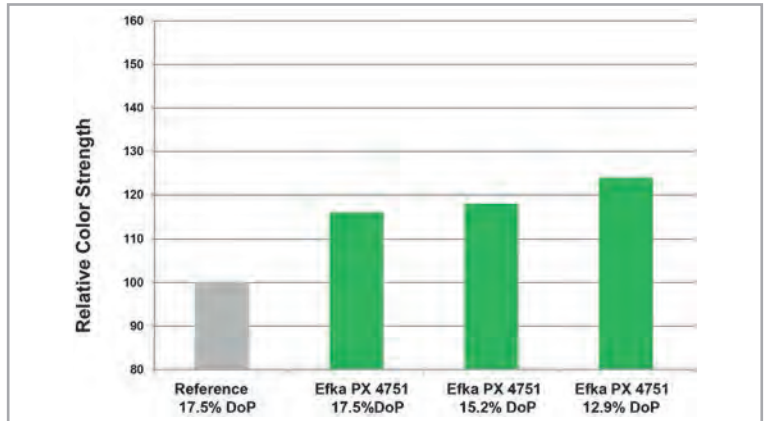


Fig. 7
Relative color strength of 5% pigment concentrate based on Heliogen® Green L 8730 at 22% in Laropal® A81 in an industrial alkyd/melamine system
Sviluppo di tinta relativo di un concentrato di pigmento al 5% a base di Heliogen® Green L 8730 al 22% in Laropal® A81 in un sistema melammina/alchidico d'uso industriale

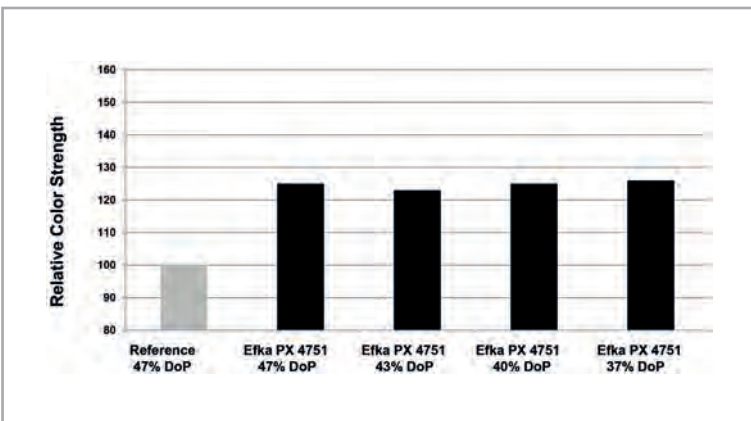


Fig. 8
Relative color strength of 5% pigment concentrate based on Special Black 4 at 15% in Laropal® A81 in an industrial alkyd/melamine system
Sviluppo di tinta relativo di un concentrato di pigmento al 5% a base di Special Black 4 al 15% in Laropal® A81 in un sistema melammina/alchidico d'uso industriale

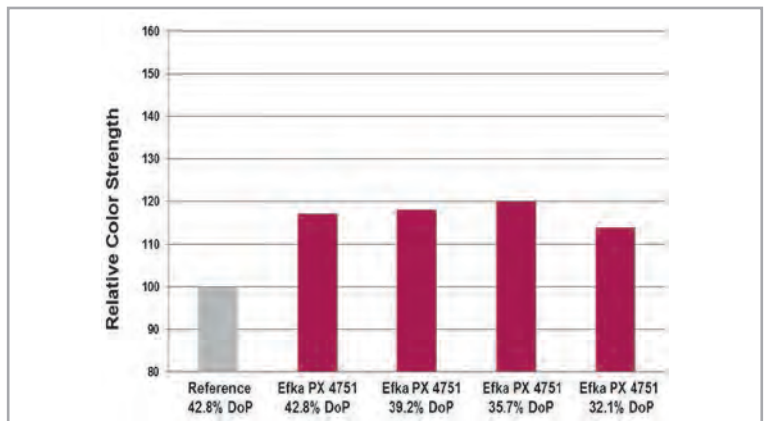


Fig. 9
Relative color strength of 5% pigment concentrate based on Cinquasia® Magenta L 4530 at 14% in Laropal® A81 in an industrial alkyd/melamine system
Sviluppo di tinta relativo di un concentrato di pigmento al 5% a base di Cinquasia® Magenta L 4530 al 14% in Laropal® A81 in un sistema melammina/alchidico d'uso industriale

Pigment Pigmento	CI	Pigment concentration Concentrazione pigmento	Gain in relative color strength Incremento sviluppo di tinta relativo	Color Index Risparmio di disperdente
Bayferrox® Red 130 M	PR 101	65%	+20%	-24% DoP
Cinquasia® Magenta L 4530	PR 202	14%	+14%	-25% DoP
Heliogen® Green L 8730	PG 7	22%	+23%	-26% DoP
Paliogen® Blue L 6482	PB 60	20%	+30%	-30% DoP
Paliogen® Yellow L 2146	PY 139	49%	+28%	-24% DoP
Special Black 4	P Bk 7	15%	+26%	-21% DoP

Tab. 2
Gains in relative color strength versus savings in DoP
Incremento dello sviluppo di tinta in relazione al risparmio di DoP

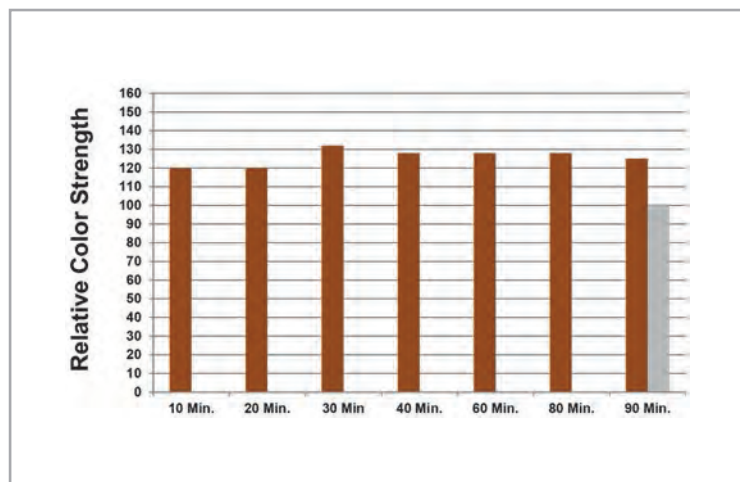


Fig. 10
Relative color development at different grinding times of 5% pigment concentrate based on Bayferrox® RED 130 M at 65% in Laropal® A81 in an industrial alkyd/melamine system
Sviluppo relativo della tinta a differenti tempi di macinazione del concentrato di pigmento al 5% a base di Bayferrox® RED 130 M al 65% in Laropal® A81 in un sistema melammina/alchidico d'uso industriale

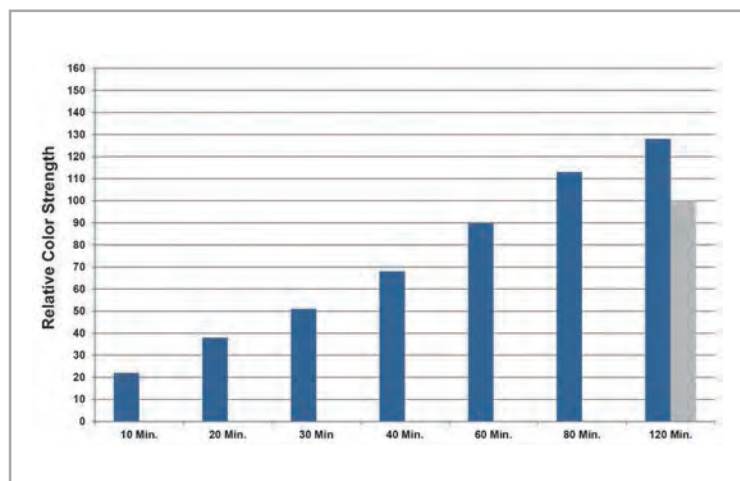


Fig. 11
Relative color development at different grinding times of 5% pigment concentrate based on Paliogen® Blue L 6482 at 20% in Laropal® A81 in an industrial alkyd/melamine system
Sviluppo relativo della tinta a differenti tempi di macinazione del concentrato di pigmento al 5% a base di Paliogen® Blue L 6482 al 20% in Laropal® A81 in un sistema melammina/alchidico d'uso industriale

PERFORMANCE TESTS: COLOR DEVELOPMENT VERSUS GRINDING TIME

Thanks to its polymeric structure, the new dispersing agent, Efka® PX 4571, is absorbed very quickly on the pigment surface and therefore reduces grinding times. This translates into time and energy savings which can make a significant contribution towards sustainability as shown in Fig. 10-15.

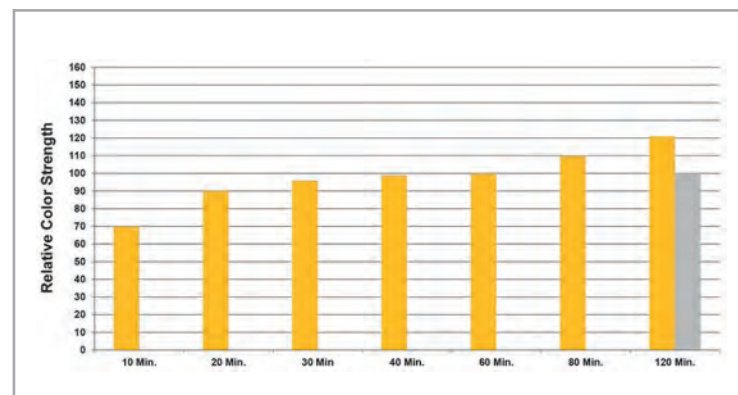


Fig. 12
Relative color development at different grinding times of 5% pigment concentrate based on Paliogen® Yellow L 2146 at 49% in Laropal® A81 in an industrial alkyd/melamine system
Sviluppo relativo della tinta a differenti tempi di macinazione del concentrato di pigmento al 5% a base di Paliogen® Yellow L 2146 al 49% in Laropal® A81 in un sistema melammina/alchidico d'uso industriale

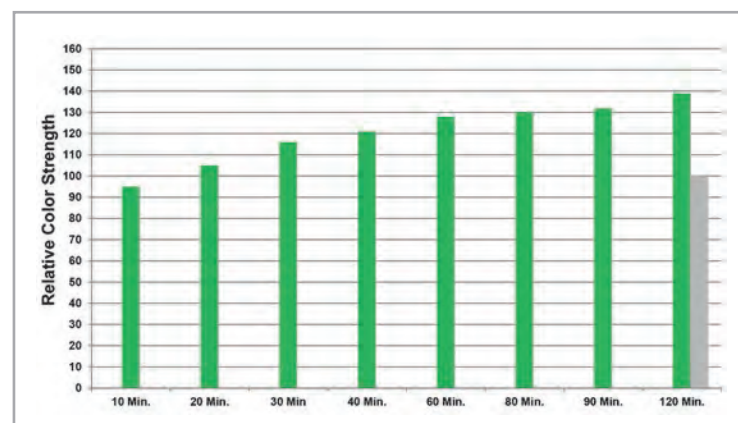


Fig. 13
Relative color development at different grinding times of 5% pigment concentrate based on Heliogen® Green L 8730 at 22% in Laropal® A81 in an industrial alkyd/melamine system
Sviluppo relativo della tinta a differenti tempi di macinazione del concentrato di pigmento al 5% a base di Heliogen® Green L 8730 al 22% in Laropal® A81 in un sistema melammina/alchidico d'uso industriale

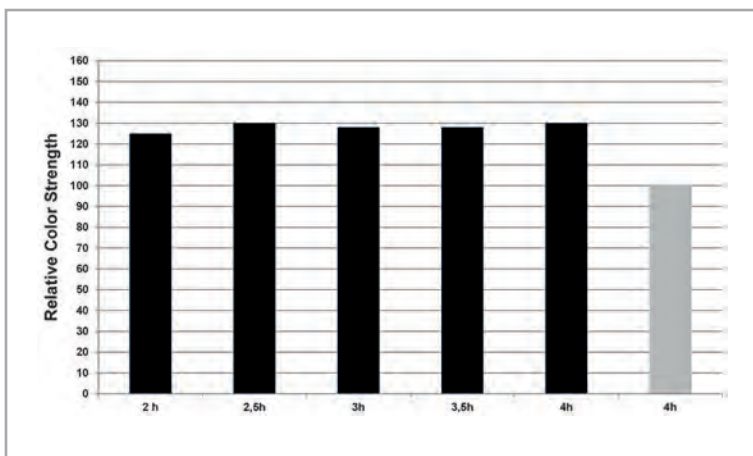


Fig. 14
Relative color development at different grinding times of 5% pigment concentrate based on Special Black 4 at 15% in Laropal® A81 in an industrial alkyd/melamine system
Sviluppo relativo della tinta a differenti tempi di macinazione del concentrato di pigmento al 5% a base di Special Black 4 al 15% in Laropal® A81 in un sistema melammina/alchidico d'uso industriale

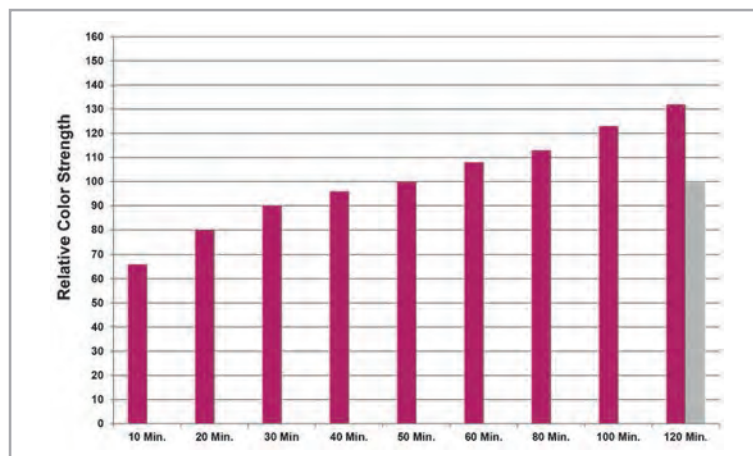


Fig. 15
Relative color development at different grinding times of 5% pigment concentrate based on Cinquasia® Magenta L4530 at 14% in Laropal® A81 in an industrial alkyd/melamine system
Sviluppo relativo della tinta a differenti tempi di macinazione del concentrato di pigmento al 5% a base di Cinquasia® Magenta L 4530 al 14% in Laropal® A81 in un sistema melammina/alchidico d'uso industriale

Pigment Pigmento	CI	PC	Grinding time Tempo di dispersione	Energy costs Costi energetici
Bayferrox® Red 130 M	PR 101	65%	10 minutes (*)/120	- 90%
Cinquasia® Magenta L 4530	PR 202	14%	50 minutes/120	- 59%
Heliogen® Green L 8730	PG 7	22%	20 minutes/120	- 83%
Paliogen® Blue L 6482	PB 60	20%	70 minutes/120	-42%
Paliogen® Yellow L 2146	PY 139	49%	60 minutes/120	- 50%
Special Black 4	P Bk 7	15%	120 minutes (*)/240	- 50%

As summarized in table 3, thanks to the high dispersing power of Efka® PX 4751, it achieves the same pigment color development even when reducing grinding times from a minimum of 42% (in the case of PB 60) to a maximum of 90% (as in the case of PR 101).

In the case of PR 101 and P Bk7, even when decreasing the grinding times dramatically, the color strength achieved with the concentrates made with Efka® PX 4751 is approximately 20% higher than the benchmark.

CONCLUSIONS

With advanced polymer structures such as the novel star-shaped Efka® PX 4751, it is possible to simultaneously fit pigment and resin chemistries. With such advanced structures, better and quicker grinding can be achieved resulting in better color development, reduced grinding times, cost savings in terms of reduced DoP and the energy required for grinding.

All this results in a more sustainable solution for the development of solvent-based pigmented coatings for industrial applications.

RESULTS AT A GLANCE

- Star-shaped polymer high molecular weight dispersing agent
- Benchmark performance for α-phthalocyanine blue pigments.
- Improved rheology behavior.
- Excellent color strength in resin containing pigment concentrate systems.
- Broad compatibility with a wide range of industrial resin systems.

Tab. 3 - Energy cost savings at same color strength
Risparmio dei costi energetici a parità di sviluppo di tinta

CONCLUSIONI

Con strutture polimeriche avanzate, come quella del nuovo Efka®PX 4751 a stella, è possibile combinare i processi chimici di pigmento e resina. Grazie a queste strutture avanzate, si ottiene una macinazione più veloce e migliore che consente un efficace sviluppo della tinta, risparmi economici in termini di DoP (Dispersante su Pigmento) e di energie richieste dal processo di macinazione. Tutto questo dà luogo a soluzioni più sostenibili per la messa a punto di rivestimenti pigmentati a base solvente per applicazioni industriali.

SINTESI DEI RISULTATI

- Agente disperdente ad alto peso molecolare con polimero a a stella
- Prestazione di riferimento per i pigmenti blu α-ftalocianina
- Migliore risposta reologica
- Eccellente sviluppo di tinta in concentrati di pigmento contenenti resina di macinazione
- Ampia compatibilità con una vasta serie di basi/resine resina d'uso industriale
- In molti casi non è richiesta nessuna disperdente sinergico
- Eccellente prestazione in combinazione con una vasta serie di pigmenti, sia organici che inorganici
- Grande riduzione dei costi e dei tempi di dispersione
- Basso rapporto DoP (= Dispersant on Pigment)
- Migliore sviluppo della tinta.

Hans-Juergen Seiberth has some decades of experience in the coatings industry. He joined BASF in 1968 as a chemical laboratory assistant where he takes care of melamine resins tests (1975-1978). He became also responsible for the development of printing inks and overprint based on Laropal® resins. Since 1980 he deals with the development of water or solvent-based concentrated pastes for the industrial sector containing Laropal® resins. Since 2006 he also deals with Luconyl® NG pastes development for the decorative sector.

Hans-Juergen Seiberth ha una pluridecennale esperienza nel settore delle vernici. Viene assunto in BASF nel 1968 come assistente di laboratorio chimico, si occupa dei test su resine melaminiche(1975-1978) diventa responsabile dello sviluppo di inchiostri da stampa e vernici da sovrastampa a base di resine Laropal®. Dal 1980 si occupa dello sviluppo di paste concentrate a base acqua o solvente per il settore industria contenenti resine Laropal® e dal 2006 anche dello sviluppo delle paste Luconyl® NG per il settore decorativo.

Gordana Cifali MS in Chemistry at Università Statale di Milano, started her career as laboratory technician, developing metal and wood coatings. In 2006 she joined Ciba as Regional Technical Adviser for formulation additives for coatings. After the integration of Ciba into BASF in 2010, she continues to work in the technical marketing area of formulation additives for coatings in South-eastern European countries.

Gordana Cifali Laurea in Chimica presso l'Università Statale di Milano, intraprende la sua carriera professionale come tecnico di laboratorio, sviluppando vernici per legno e metallo. Nel 2006 entra in Ciba come Regional Technical Adviser per gli additivi destinati a prodotti vernicianti. A seguito dell'acquisizione di Ciba da parte di BASF nel 2010 continua ad occuparsi di marketing tecnico di additivi da formulazione nell'area del coating per i paesi del sud/est Europa.

- No synergist required in many cases.
- Excellent dispersing performance for a wide range of pigments, both organic and inorganic.
- Huge reduction in grinding times/energy costs.
- Reduced DoP ratio.
- Better color development.

REFERENCES

- [1] L. Hoffmann, S. Onclin, A. Schamp, "Gekonnt Blau machen", Farbe und Lack, 2014, 02, 18-23
- [2] Hunter He, Daisuke Kambe, Sylvain Huguenard and Steffen Onclin, BASF, "Synergy effects with BASF raw materials for industrial mixing systems", APCJ, 2013, 12, 23-25
- [3] K. Matyaszewski, J. Xia, Chem. Rev., 2001, 101, 2921-2990
- [4] M.O. Zink, A. Kramer, P. Nesvadba, Macromolecules, 2000, 33, 8106-8108
- [5] P. Nesvadba, L. Bugnon, R. Sift, Polymer International, 2004, 53(8), 1066-1070
- [6] P. Nesvadba, Chimia 2006, 60, 832-840
- [7] H. Fischer, S.R.A. Marque, P. Nesvadba, Helv Chim Acta, 2006, 89, 2330-2339
- [8] F. Pirrung, P. Quednau, C. Auschra, Chimia, 2002, 56, 170-176
- [9] C. Auschra, E. Eckstein, A. Mühlebach, M.O. Zink, F. Rime Prog. Org. Coat., 2002, 45, 83-93
- [10] C. Auschra, E. Eckstein, R. Knischka, F. Pirrung, P. Harbers, ECJ, 06/2004, 26-35
- [11] C. Auschra, E. Eckstein, R. Knischka, F. Pirrung, P. Harbers Surface Coatings International Part A, 2006, 8, 377-383
- [12] H.J.W. van den Haak, J. Coat. Techn., 1997, 69 (873), 137-14.