



Is weight variation a good indicator of chemical resistance?

Epoxy resins are renowned for their exceptional versatility and robust performance across a myriad of applications, from industrial coatings to advanced composites. Central to their widespread use is their remarkable chemical resistance, a feature that ensures durability and longevity even in the harshest environments. This article delves into the critical importance of evaluating the chemical resistance of epoxy systems, highlighting the key features behind a correct testing method.

AN ANALYSIS TO BETTER UNDERSTAND THE RIGHT METHOD FOR EVALUATING CHEMICAL RESISTANCE OF AN EPOXY SYSTEM

Epoxy resins are formed through the reaction of epoxide groups with curing agents, resulting in a highly cross-linked polymer network. This network structure imparts significant mechanical strength, thermal stability, and, crucially, resistance to a wide range of chemicals, including acids, bases, solvents, and salts. The inherent chemical resistance of epoxy systems is influenced by several factors, including the type of curing agent used, the degree of cross-linking, and the presence of additives or fillers. Correctly understanding and evaluating the chemical resistance of epoxy systems is paramount for ensuring their performance and reliability in demanding applications. By systematically assessing how these materials withstand exposure to various chemicals, formulators can optimize epoxy formulations to meet specific requirements, thereby enhancing the safety, efficiency, and longevity of the end products. Epoxy resins' chemical resistance is vital in numerous applications across various industries.

Protective Coatings: Epoxy coatings are used on metal surfaces, concrete floors, and other substrates to protect against corrosion, chemical spills, and environmental degradation, especially in industrial settings like chemical plants and refineries.

Adhesives: In aerospace, automotive, and marine industries, epoxy adhesives are chosen for their ability to withstand exposure to fuels, oils, and other harsh chemicals, ensuring strong and durable bonds.

Composites: Epoxy resins are used in the production of composite materials for high-performance applications, such as wind turbine blades, aircraft components, and sporting

La variazione di peso è un indicatore valido della resistenza chimica?

Le resine epossidiche sono rinomate per la loro eccellente versatilità e ottima prestazione in svariate applicazioni, dai rivestimenti industriali ai compositi avanzati. Fondamentale per il loro ampio utilizzo è l'elevata resistenza chimica, una caratteristica che garantisce durabilità e longevità anche negli ambienti più difficili. In questo articolo si pone l'accento sull'importanza della valutazione della resistenza chimica dei sistemi epossidici, evidenziando le caratteristiche chiave di un metodo corretto.

UN'ANALISI PER COMPRENDERE MEGLIO IL METODO CORRETTO DI VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA CHIMICA DI UN SISTEMA EPOSSIDICO

Le resine epossidiche si formano attraverso la reazione dei gruppi epossidici con gli agenti indurenti, da cui deriva una struttura polimerica altamente reticolata. Questa struttura reticolare fornisce una notevole resistenza meccanica e stabilità termica e, ancora più importante, la resistenza a una vasta serie di sostanze chimiche, fra cui gli acidi, le basi, i solventi e i sali. La resistenza chimica dei sistemi epossidici è influenzata da diversi fattori, come la tipologia di agente indurente utilizzato, il grado di reticolazione e la presenza di additivi e riempitivi.

Comprendere e valutare correttamente la resistenza chimica dei sistemi epossidici è essenziale per garantire le prestazioni e l'affidabilità in applicazioni complesse. Valutando in modo sistematico come questi materiali resistono all'esposizione a varie sostanze chimiche, i formulatori possono ottimizzare le formulazioni epossidiche per soddisfare requisiti specifici, a garanzia di una maggiore sicurezza, efficienza e durata dei prodotti finali. La resistenza chimica delle resine epossidiche è fondamentale in numerose applicazioni in vari settori.

Rivestimenti Protettivi: i rivestimenti epossidici sono utilizzati su superfici metalliche, pavimenti in cemento e altri substrati per proteggere dalla corrosione, dall'infiltrazione di sostanze chimiche e dal degrado ambientale, in particolare in ambienti industriali come impianti chimici e raffinerie.

Adesivi: nell'industria aerospaziale, automobilistica e navale, gli adesivi epossidici vengono scelti per la loro abilità di resistere all'esposizione a combustibili, petrolio, e altre sostanze chimiche aggressive, garantendo legami forti e duraturi.

equipment, where resistance to chemical attack is essential for maintaining structural integrity.

Marine applications: Epoxy resins are used in boat construction and repair, providing resistance to saltwater, fuels, and other marine chemicals, which is crucial for the durability and safety of marine vessels.

These applications highlight the importance of chemical resistance in ensuring the performance, safety, and longevity of epoxy-based products.

WEIGHT VARIATION AS A MEASURE OF CHEMICAL RESISTANCE

Chemical resistance testing of epoxy systems based on different standard methods (ASTM D543, ASTM D1308, ISO 2812, ASTM D6943) typically involves scrupulous sample preparation according to standardized protocols (dimension, curing conditions etc) to ensure consistency. The samples are then exposed to various chemicals, normally through immersion, with the sample completely submerged in the chemical. The exposure conditions, including temperature, duration, and concentration of the chemicals, are carefully controlled. After

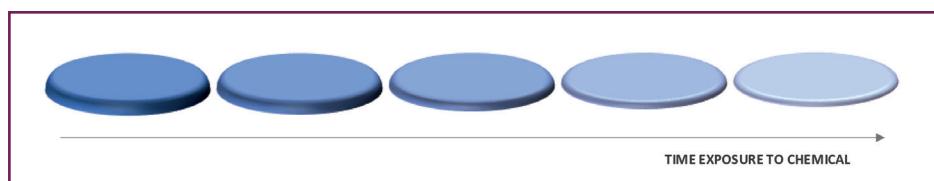


Fig. 1 - Weight variation during a chemical resistance test normally indicates a loss of polymer material due to chemical degradation over time

La variazione di peso durante il test della resistenza chimica indica solitamente una perdita del materiale polimerico a causa della degradazione chimica nel tempo

the exposure period, the samples should be evaluated for any changes in physical and mechanical properties. However, the standard parameter used to assess the resistance to the chemical is the weight variation of the specimen.

The idea behind the weight variation is that a polymer, submerged in a chemical, will reduce its mass in case the chemical can degrade the polymer during the test (Fig. 1). The weight variation is then used as a direct indicator of the degradation of the polymer: the higher the weight loss during the test the lower the chemical resistance to the chemical. This approach is widely used as a method to evaluate the chemical resistance of epoxy systems; however, it can lead to a misleading evaluation.

IS WEIGHT VARIATION A GOOD INDICATOR OF CHEMICAL RESISTANCE?

The weight variation approach to evaluate chemical resistance assumes that the polymer loses mass over time due to chemical degradation. However, chemical degradation is not the only factor influencing the weight of the specimen during a chemical resistance test (Fig. 2). Absorption of chemicals into the polymer matrix, a

Compositi: le resine epossidiche vengono utilizzate per la produzione di materiali compositi per applicazioni di alta prestazione, come le pale delle turbine eoliche, i componenti di aerei e le attrezzature sportive, dove la resistenza all'aggressione chimica è essenziale per mantenere l'integrità strutturale.

Applicazioni navali: le resine epossidiche vengono utilizzate per la costruzione e la riparazione di imbarcazioni, garantendo resistenza all'acqua salata, ai carburanti e ad altri prodotti chimici navali, il che è fondamentale per la durabilità e la sicurezza delle imbarcazioni. Queste applicazioni mettono in luce l'importanza della resistenza chimica nel garantire la prestazione, la sicurezza e durabilità dei prodotti a base epossidica.

LA VARIAZIONE DI PESO COME MISURA DELLA RESISTENZA CHIMICA

I test della resistenza chimica dei sistemi epossidici, basati su diversi metodi standard (ASTM D543, ASTM D1308, ISO 2812, ASTM D6943) implicano tipicamente la preparazione scrupolosa del campione secondo protocolli

standardizzati (dimensioni, condizioni di polimerizzazione e altri) per garantire coerenza. I campioni vengono poi esposti a varie sostanze chimiche, normalmente per immersione, con il campione completamente immerso nella sostanza chimica. Le condizioni di esposizione, fra cui la temperatura, la durata e la concentrazione delle sostanze chimiche vengono accuratamente controllate.

Dopo il periodo di esposizione, i campioni devono essere valutati per la verifica di eventuali variazioni delle proprietà fisico-meccaniche. Tuttavia, il parametro standard utilizzato per valutare la resistenza alle sostanze chimiche è la variazione di peso del campione.

L'idea alla base della variazione di peso è che il polimero, immerso in una sostanza chimica, ridurrà la sua massa nel caso in cui la sostanza chimica possa degradare il polimero nel corso del test (Fig. 1). La variazione di peso viene quindi utilizzata come indicatore diretto della degradazione del polimero:

quanto maggiore è la perdita di peso durante l'esecuzione del test, tanto minore è la resistenza chimica alla sostanza. Questo approccio è ampiamente utilizzato come metodo per valutare la resistenza chimica dei sistemi epossidici; tuttavia, esso può portare a valutazioni fuorvianti.

LA VARIAZIONE DI PESO È UN INDICATORE VALIDO DELLA RESISTENZA CHIMICA?

L'approccio della variazione di peso per valutare la resistenza chimica si basa sul principio che il polimero perda massa nel tempo a causa della degradazione chimica. Tuttavia, la

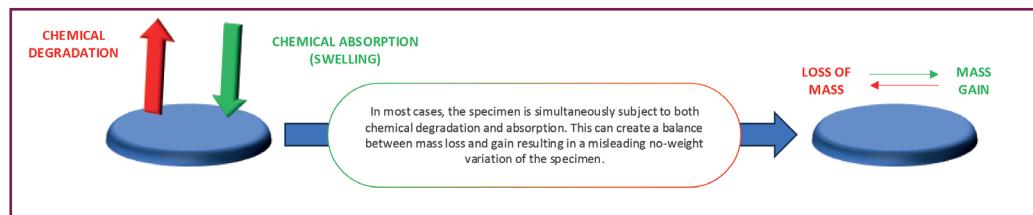


Fig. 2 - Chemical degradation and swelling are two possible phases of polymers degradation. The balance between these two phases can create a misleading no-weight variation of the specimen during the test

La degradazione chimica e il rigonfiamento sono le due possibili fasi di degradazione del polimero. L'equilibrio fra le due fasi può determinare una non-variazione di peso fuorviante del campione durante il test

phenomenon known as swelling, is an important chemical-polymer interaction that normally increases the mass of the specimen. Swelling is often a preceding stage of polymer degradation. The balance between swelling and chemical degradation can lead to a misleading no-weight specimen variation during a chemical resistance test. Because of these two main effects, the weight of a specimen might seem as unchanged, but the specimen not only has absorbed chemicals into the polymer matrix but is also already degraded. We can conclude that weight variation is not a good indicator to evaluate the performance of an epoxy system during a chemical resistance test.

CHEMICAL RESISTANCE TEST: DDCHEM APPROACH

To evaluate the effect of weight variation, ddchem performed a chemical resistance test based on ASTM D543. The test evaluated the chemical resistance of various curing agents cured with BADGE epoxy resin for 7 days at 23° C. After the curing, the following indicators were measured on the prepared specimen: weight, diameter, thickness, hardness based on ISO 868 – Shore D. Data were collected after 28 days of immersion in various chemicals and compared with the initial data. The difference between the initial data and the data after 28 days of test is reported as a variation %.

Figures 3, 4, 5, 6 and 7 show data with various epoxy systems and

degradazione chimica non è l'unico fattore che influisce sul peso del campione durante il test della resistenza chimica (Fig. 2).

L'assorbimento delle sostanze chimiche nella matrice polimerica, fenomeno noto come rigonfiamento, rappresenta un'importante interazione polimero-chimica che normalmente aumenta la massa del campione. Il rigonfiamento è spesso la fase che precede la degradazione del polimero.

L'equilibrio fra il rigonfiamento e la degradazione chimica può determinare una variazione fuorviante del peso del campione durante il test della resistenza chimica.

A causa di questi due effetti principali, il peso di un campione potrebbe apparire invariato, ma, in realtà il campione non solo ha assorbito sostanze chimiche nella matrice polimerica, ma è anche già degradato. Possiamo concludere che la variazione di peso non è un buon indicatore per valutare la prestazione di un sistema epossidico durante l'esecuzione di un test della resistenza chimica.

IL TEST DELLA RESISTENZA CHIMICA: L'APPROCCIO DDCHEM

Per valutare l'effetto della variazione di peso, ddchem ha eseguito un test della resistenza chimica basato su ASTM D543. Il test ha valutato la resistenza chimica di vari agenti indurenti, trattati con la resina epossidica BADGE per 7 giorni a 23°C. Dopo l'indurimento, sono stati misurati i seguenti indicatori sul campione preparato: peso – diametro – spessore - durezza basata su normativa ISO 868 – Shore D.

I dati sono stati raccolti dopo 28 giorni di immersione in varie sostanze chimiche e confrontati con i dati iniziali. La differenza fra i dati iniziali e i dati raccolti dopo 28 giorni di test è riportata come variazione percentuale. Le Figure 3, 4, 5, 6 e 7 mostrano i dati di vari sistemi epossidici e sostanze chimiche.

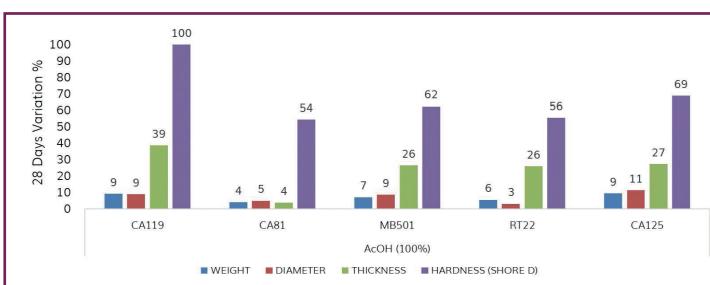


Fig. 3 - 28-day chemical resistance test in 100% acetic acid. The weight variation average is 7%, the thickness variation average is 24% and the hardness variation average is 68%

Test della resistenza chimica dopo 28 giorni in acido acetico al 100% La variazione di peso media è 7%, la variazione di spessore media è 24% e la variazione della durezza media è 68%

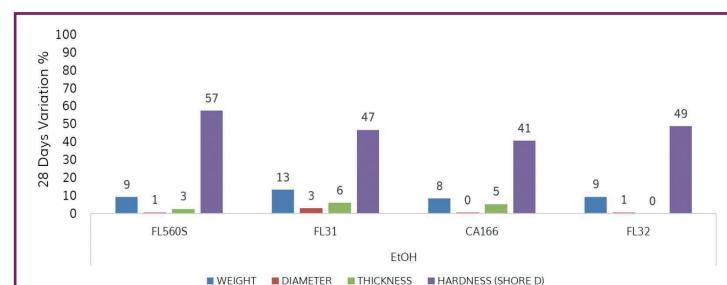


Fig. 4 - 28-day chemical resistance test in 96% Ethanol. The weight variation average is 10%, the thickness variation average is 4% and the hardness variation average is 48%

Test della resistenza chimica dopo 28 giorni in etanolo al 96% La variazione di peso media è 10%, la variazione di spessore media è 4% e la variazione della durezza media è 48%



**CARBON BLACK
PIGMENTI FLUORESCENTI**

colore
energia per la mente

PIGMENTI ORGANICI
PIGMENTI INORGANICI
PIGMENTI PERLESCENTI
PIGMENTI FLUORESCENTI
OSSIDI DI FERRO
COLORANTI SUBLIMATICI
COLORANTI METALLO COMPLESSI
PREDISPERSIONI PIGMENTARIE (CHIP)
RESINE

CARBON BLACK
PREPARAZIONI PIGMENTARIE
CANDEGGIANTI OTTICI
STABILIZZANTI ALLA LUCE
ADESIVI PER ACCOPPIATI
GLITTER
SFERE DECORATIVE
SFERE DI MACINAZIONE
TAILOR MADE



POLICOLOR
COLOURS OF YOUR WORLD

POLICOLOR SRL
VIA S.MARIA BAMBINA 20066 MELZO (MI) - ITALY
TEL.+39.02.95731203 - FAX +39.02.95713819
POLICOLOR@POLICOLOR.IT WWW.POLICOLOR.IT

CONSULENZA E SUPPORTO TECNICO AL VOSTRO SERVIZIO

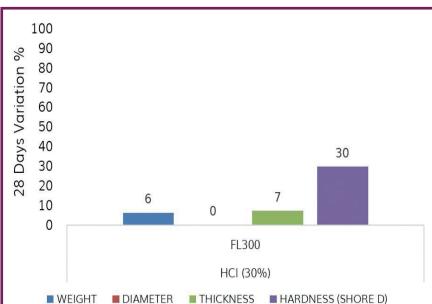


Fig. 5 - 28-day chemical resistance test in 30% Hydrochloric Acid
Test della resistenza chimica dopo 28 giorni nell'acido cloridrico al 30%

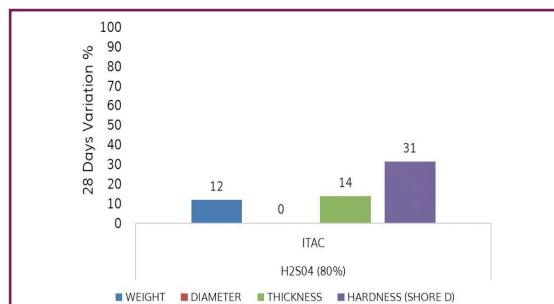


Fig. 6 - 28-day chemical resistance test in 80% Sulfuric Acid
Test della resistenza chimica dopo 28 giorni nell'acido solforico all'80%

Come si può osservare, la variazione di peso è spesso un indicatore non idoneo nella valutazione della resistenza chimica di un sistema epossidico a causa dell'equilibrio fra degradazione chimica e rigonfiamento del campione.

La variazione della durezza, basata su normativa ISO 868, è spesso un indicatore migliore perché durante il test è normalmente influenzata sia dalla degradazione chimica che dal rigonfiamento. In alcuni casi,

chemicals. As we can see, weight variation is often a bad indicator for evaluating the chemical resistance of an epoxy system due to the balance of chemical degradation and swelling of the specimen. Hardness based on ISO 868 is often a better indicator as the hardness variation during the test is normally affected by both chemical degradation and swelling. In some cases, even the thickness variation is a better indicator than weight variation. All the data shown in Figures indicate that relying on a single indicator like weight variation does not provide reliable and trustworthy data for the chemical resistance evaluation. In fact, in many cases, the weight variation under 5-10 % seems to indicate a good chemical resistance of the specimen but the hardness variation over 40-50% for the same specimen indicates loss of mechanical properties and therefore low chemical resistance.

CONSIDERATIONS BEHIND CHEMICAL RESISTANCE TEST

ddchem performed the chemical resistance test (Fig. 8) of its curing agents following ASTM D543. The specimens are cured with BADGE epoxy resin for 7 days at 23° C. Data are collected after 7 days and after 28 days and compared with the initial data. The final score is obtained taking into consideration specimen variations during the test like weight, thickness, diameter and

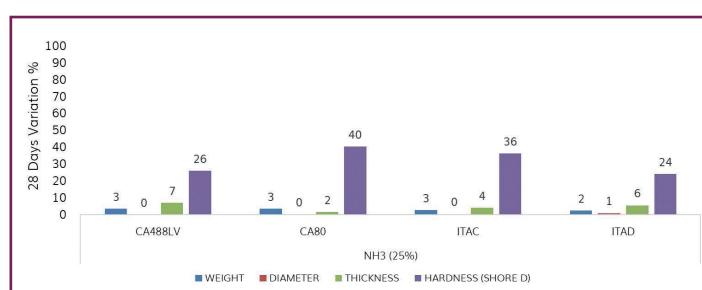


Fig. 7 - 28-day chemical resistance test in 25% Ammonia. The weight variation average is 3%, the thickness variation average is 5% and the hardness variation average is 32%
Test della resistenza chimica dopo 28 giorni nell'ammoniaca al 25%. La variazione di peso media è 3%, la variazione di spessore media è 5% e la variazione della durezza media è 32%

anche la variazione dello spessore è un indicatore migliore della variazione di peso.

Tutti i dati presentati nelle Figure indicano che, affidarsi ad un unico indicatore come la variazione di peso, non fornisce dati sicuri e affidabili nella valutazione della resistenza chimica. Infatti, in molti casi, la variazione di peso inferiore al 5-10% sembra indicare una buona resistenza chimica del campione, ma una variazione di durezza superiore al 40-50% per lo stesso campione indica una perdita delle proprietà meccaniche e quindi una resistenza chimica inferiore.

LE CONSIDERAZIONI A MONTE DEL TEST DELLA RESISTENZA CHIMICA

ddchem ha eseguito il test della resistenza chimica degli agenti indurenti (Fig. 8), come da ASTM D543. I campioni vengono trattati con la resina epossidica BADGE per 7 giorni a 23° C.

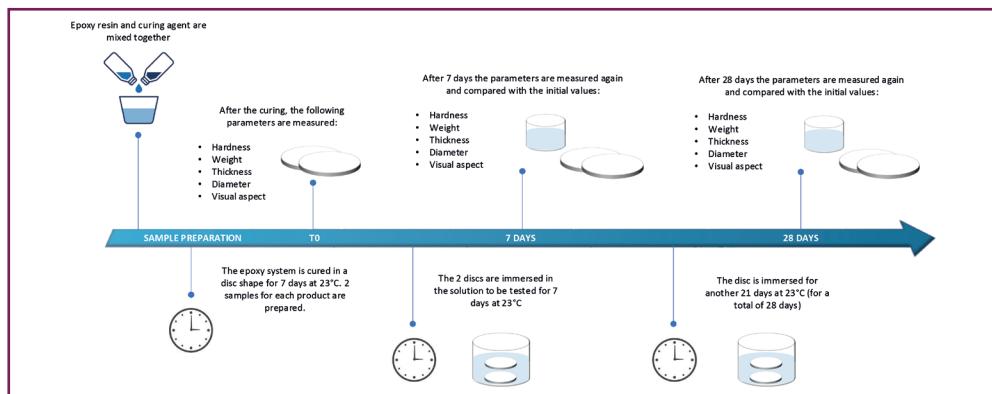


Fig. 8 - Chemical resistance testing method based on ASTM D543
Metodo di test della resistenza chimica basato su ASTM D543



RESINE

PER RIVESTIMENTI
INDUSTRIALI

RESINS

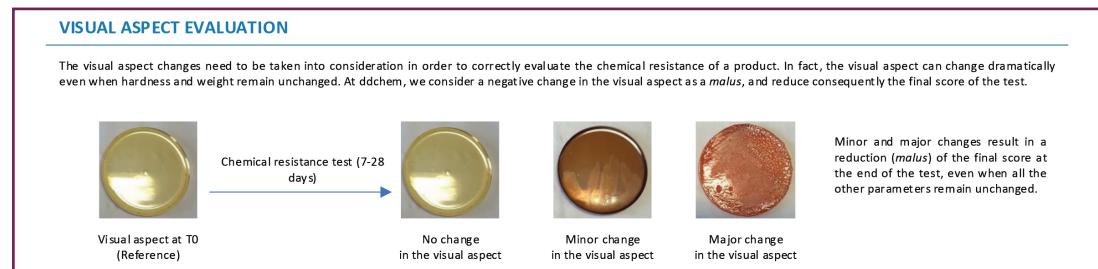
FOR INDUSTRIAL
COATINGS

Fig. 9 - Visual aspect variation is carefully evaluated in ddchem chemical resistance test

La variazione dell'aspetto visivo viene attentamente valutata nel test di resistenza chimica ddchem

hardness decrease. Also, changes in visual aspects are carefully evaluated during the test. In fact, the visual aspect of a specimen can change dramatically even when other indicators remain unchanged (Fig. 9). A change in visual aspect is then considered as a malus, reducing the final score of the test. ddchem approach to chemical resistance tests does not consider only weight variation but relies on variation of various indicators during the test. This approach is more precise and reliable resulting in a better evaluation of the chemical resistance of an epoxy system.

I dati vengono raccolti dopo 7 giorni e dopo 28 giorni per poi essere confrontati con i dati iniziali. Il punteggio finale si ottiene tenendo conto delle variazioni del campione durante il test come peso, spessore, diametro e durezza. Inoltre, durante il test, vengono valutati attentamente i cambiamenti negativi degli aspetti visivi del campione, che possono variare drasticamente anche quando gli altri indicatori rimangono invariati (Fig. 9). Una variazione dell'aspetto visivo viene considerata come un dato negativo, che riduce il punteggio finale del test.

L'approccio ddchem ai test di resistenza chimica non considera solo la variazione di peso ma si basa sulla variazione di vari indicatori. Questo approccio è più preciso e affidabile e consente una migliore valutazione della resistenza chimica di un sistema epoxidico.

Discover ADDISP™ ECO

● ● ●

Meet us at stand 410, hall 5

EUROPEAN COATINGS SHOW 2025

“One for All” Pigment Dispersant

ADDISP™ ECO is a universal reactive pigment dispersant partially sourced from biomass.

As a ‘One for All’ solution it excels in preparing organic and inorganic pigment concentrates with particle sizes below 5 microns by using only a dissolver.



Dispersing with dissolver, no ball/pearl mill necessary



Reduction of manufacturing costs & waste. Lower investment costs



Wide variety of pigments: organic, inorganic & carbon black



Water-, solvent & UV-based applications



Readily biodegradable & partly biobased product

ADDAPT
Chemicals BV