

# AKTIVACE POVRCHU A AUTOMATIZACE V LEPENÍ

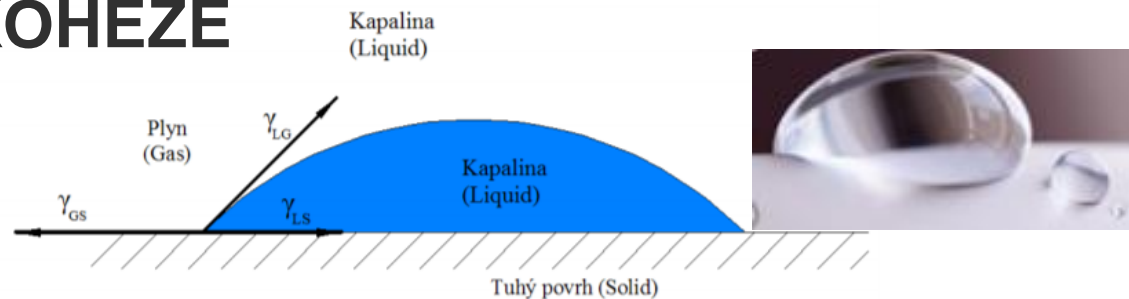
Ing. Viktor Kreibich, Ing. Vojtěch Klečka

**WAtech a.s.**

ODBORNÝ SEMINÁŘ

Čištění a úpravy povrchů před lepením

# KVALITA LEPENÉHO SPOJE – ADHEZE, KOHEZE



## ■ Adheze lepidel a tmelů k povrchu substrátu

- **Povrchová energie substrátu** povrchové napětí [mN/m] → Smáčivost povrchu - kontaktní úhel

Polarita substrátu - struktura (kovy, plasty, sklo ...)

SMÁČIVOST  
+  
ADHEZE

**Polární funkční skupiny na povrchu** (C-OH, -C=O, COOH, C-NH<sub>2</sub>) - reaktivní, hydrofilní

→ **Chemická vazba s lepidlem - ADHEZE**

- **Čistota povrchu** (pevné částice, organické nečistoty (prach, mastnota, separátory, změkčovadla ...))

## ■ Kohezní vlastnosti lepidel a tmelů

- **Vnitřní soudržnost lepidla** (chemické složení, hustota zesíťování polymerů, vnitřní pnutí, elasticita )

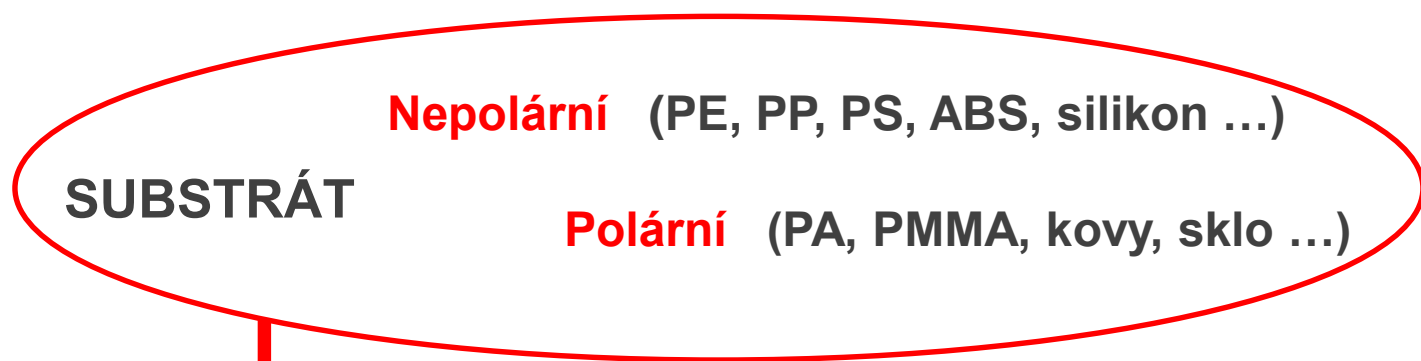
Teplotní namáhání - Teplota skelného přechodu  $T_g$  – **Provozní teplota lepidla**

Strukturální lepidla <  **$T_g$**  < Elastomery



# AKTIVACE POVRCHU SUBSTRÁTŮ PRO LEPENÍ

**Povrchové napětí :**  
smáčivost: > 38 mN/m  
lepení : > 45 mN/m



- **Mechanická úprava povrchu**

- **Zdrsnění, odstranění nečistot**

Tvorba pórů na povrchu, větší styčná plocha

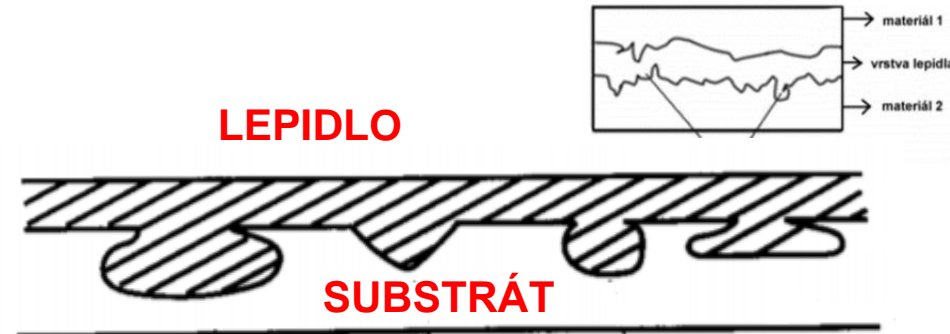
**Předpokladem je dobrá smáčivost povrchu**

**(nejlépe polární substráty)**

Střední aritmetická hodnota drsnosti: Ra [μm]

**ČIŠTĚNÍ, AKTIVACE POVRCHU**

**Polární skupiny na povrchu**



**WATECH**

# AKTIVACE POVRCHU SUBSTRÁTŮ PRO LEPENÍ

## Chemická úprava povrchu

- Odmašťování, moření, odrezování povrchu
- Fluorace nepolárních plastů (PP, PE) (směs  $F_2 + O_2$ )
- Primery (např. trialkyl aminy, trialkylamonium karboxyláty ...)

**Interakce: substrát – (aktivátor) – primer – lepidlo**

➔ polární sloučeniny (skupiny) na povrchu substrátu (-OH, -C=O, -COO<sup>-</sup>, -C-NH<sub>2</sub>)

sklo aktivace: ➔ -OH skupiny na povrchu: silikátování  $H_2SO_4 + H_2O_2$  „Piranha“ nebo primer

Pevná chemická vazba

Kovalentní vazba **reaktivní skupiny primeru +**

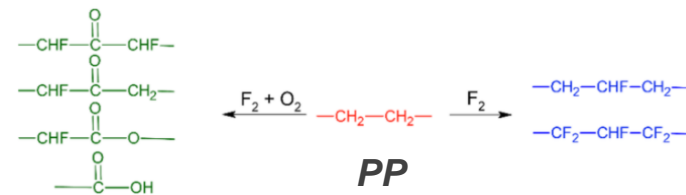
**reaktivní skupiny polymeru lepidla**

Epoxidy: reaktivní epoxy skupina

PUR: reaktivní C-OH, C=O

**větší lepená plocha** = více vazebných interakcí = **větší ADHEZE**

(bezpečnost, toxicita)



# AKTIVACE POVRCHU SUBSTRÁTŮ PRO LEPENÍ

- Fyzikální úprava povrchu

**On-line aplikace**

- *Ionizace povrchu*

Odstranění mechanických nečistot ze substrátu (prachové částice)

**Plasty:** Odstranění statického náboje z povrchu substrátu  
Zabránění přitahování pevných částic k povrchu

- *Plazmování*

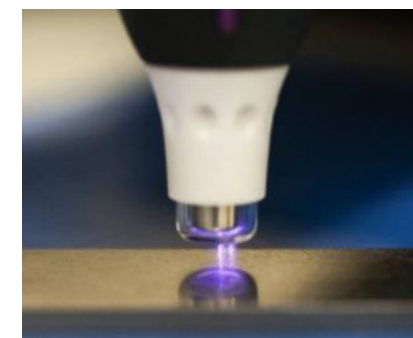
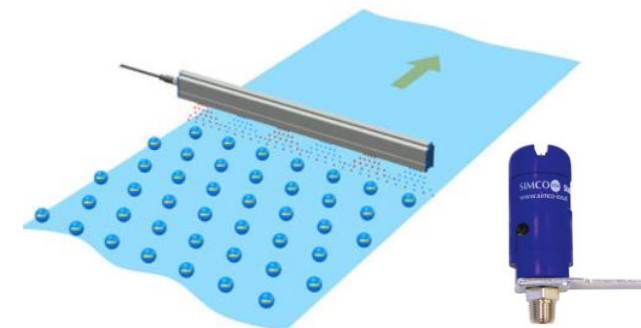
Plamen, El. Výboj + Ar, O<sub>2</sub>, He, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>, vzduch

Povrchová metoda, aktivace plastů jen do hloubky několika nm

**NANOTECHNOLOGIE**

Čištění a aktivace povrchu v jednom kroku  
Rychlost, reprodukovatelnost procesu  
Homogenní povrch

**AUTOMATIZACE**



**W A T E C H**

# PLAZMOVÁNÍ POVRCHU NEPOLÁRNÍCH SUBSTRÁTŮ

## ■ Plazma

4. stav hmoty s vysokou energetickou hladinou, excitace atomů a molekul plynu

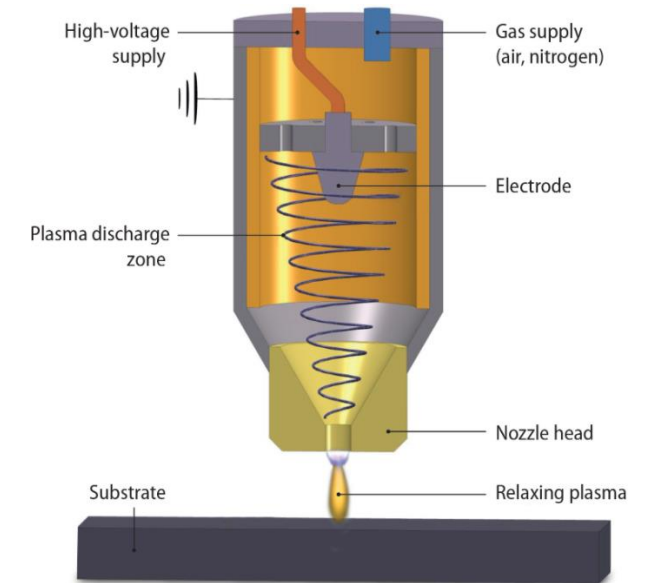
Ionizace plynu na elektrodě

( např. Ar/10%O<sub>2</sub>,N<sub>2</sub>, vzduch 21%O<sub>2</sub>/78%N<sub>2</sub>)

➔ aktivní excitované částice: ionty, volné radikály, excitované elektrony  
NO\*, O<sub>2</sub>\*, N<sub>2</sub>\*, N<sub>2</sub><sup>+</sup>, O<sub>2</sub><sup>+</sup>, O\* ...

Detekce vzniklých částic: **Optická emisní spektrometrie**  
Čárové spektrum

Za atmosférického nebo sníženého tlaku (i tvarově složité díly, hůře přístupná místa výrobku – lze řešit)



# PLAZMOVÁNÍ POVRCHU NEPOLÁRNÍCH SUBSTRÁTŮ

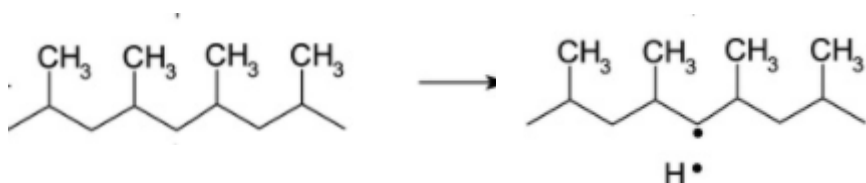
- Interakce excitovaných částic plazmatu s povrchem substrátu

**Inzerce O částic do struktury substrátu** (jen několik atomárních vrstev)

Kyslík v excitovaném singlet. stavu : až 1000x vyšší reaktivita oproti tripletu

Štěpení C-C vazeb polymeru, vznik polárních funkčních skupin C-OH, C=O, COOH a C-C oligomerů)

Příklad aktivace PP:



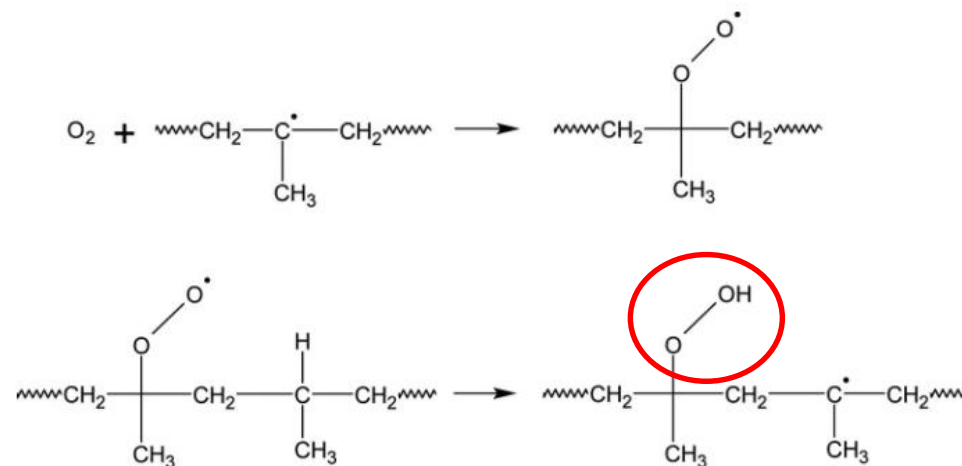
Plasty mN/m : PP 28–32, PE 30–35, PS 35–40, PET 38–44, PVC 38–42

Plazmování PP, PE → 50 mN/m po dobu až měsíců stabilní

**ALE:** Snížení povrchové energie v čase

Aditiva v plastu, kaučuky (elastomery) – reakce s povrchovými aktivními skupinami

**POZOR :** dotyk rukou, PE sáčky, rukavice, ideálně Al folie



# PLAZMOVÁNÍ POVRCHU NEPOLÁRNÍCH SUBSTRÁTŮ

- Interakce excitovaných částic plazmatu s povrchem substrátu

**Precizní čištění povrchu ( kovy, sklo) →** Zvýšení smáčivosti povrchu lepidlem

Oxidace organických nečistot akt. kyslíkem:  $-C-C-C-C \rightarrow CO_2 + H_2O$

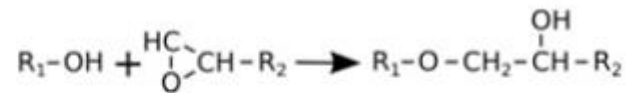
- Interakce vytvořených aktivních skupin na povrchu s lepidlem (reaktivní funkční skupiny  $-OH$ ,  $C=O$ )

Reaction	Result
----------	--------

hydroxyl + amino



hydroxyl + epoxy



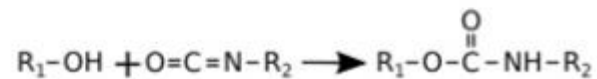
hydroxyl + carboxy



hydroxyl + vinyl



hydroxyl + isocyanate



**Aktivní skupina substrát + Aktivní skupina polymerů**

$R_1 - OH$      $R_1 - C=O$

$R_2 - N=C=O$

$R_1 - COOH$

$Si - O-CH_3$

**W A T E C H**



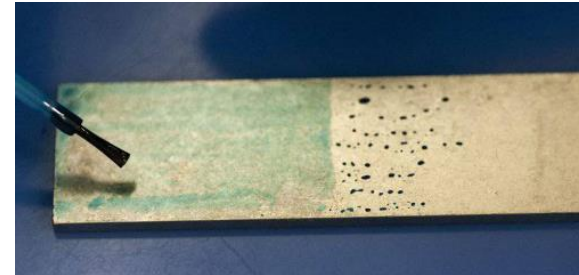
# MĚŘENÍ A ANALÝZA POVRCHU SUBSTRÁTU

- Povrchové napětí - smáčivost

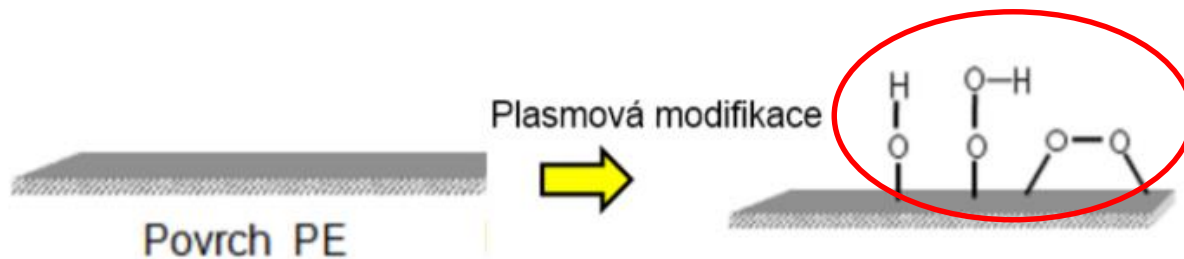
*Sada inkoustů* - orientační test

*Měření kontaktního úhlu* – Goniometr

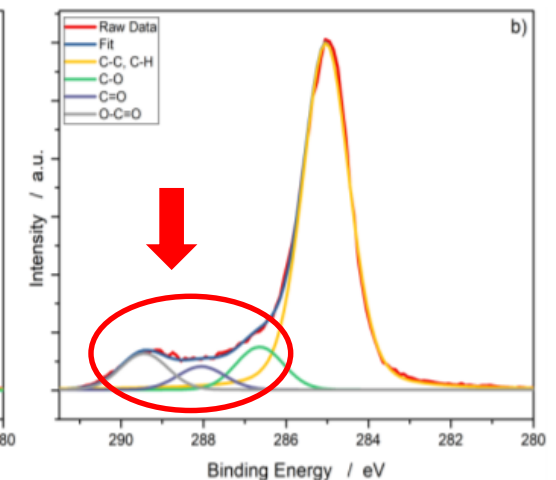
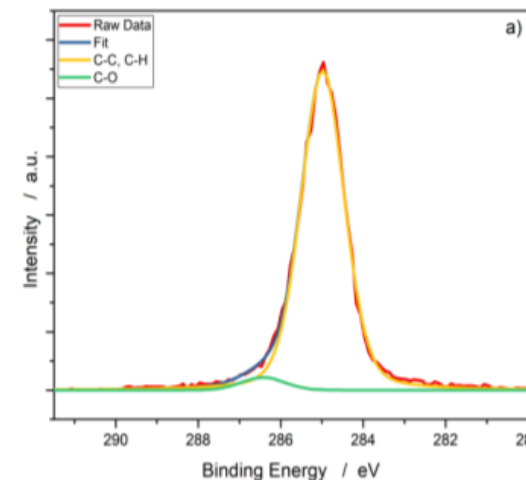
Smáčivost povrchu kapalinami



- Rentgenová fotoelektronová spektroskopie XPS



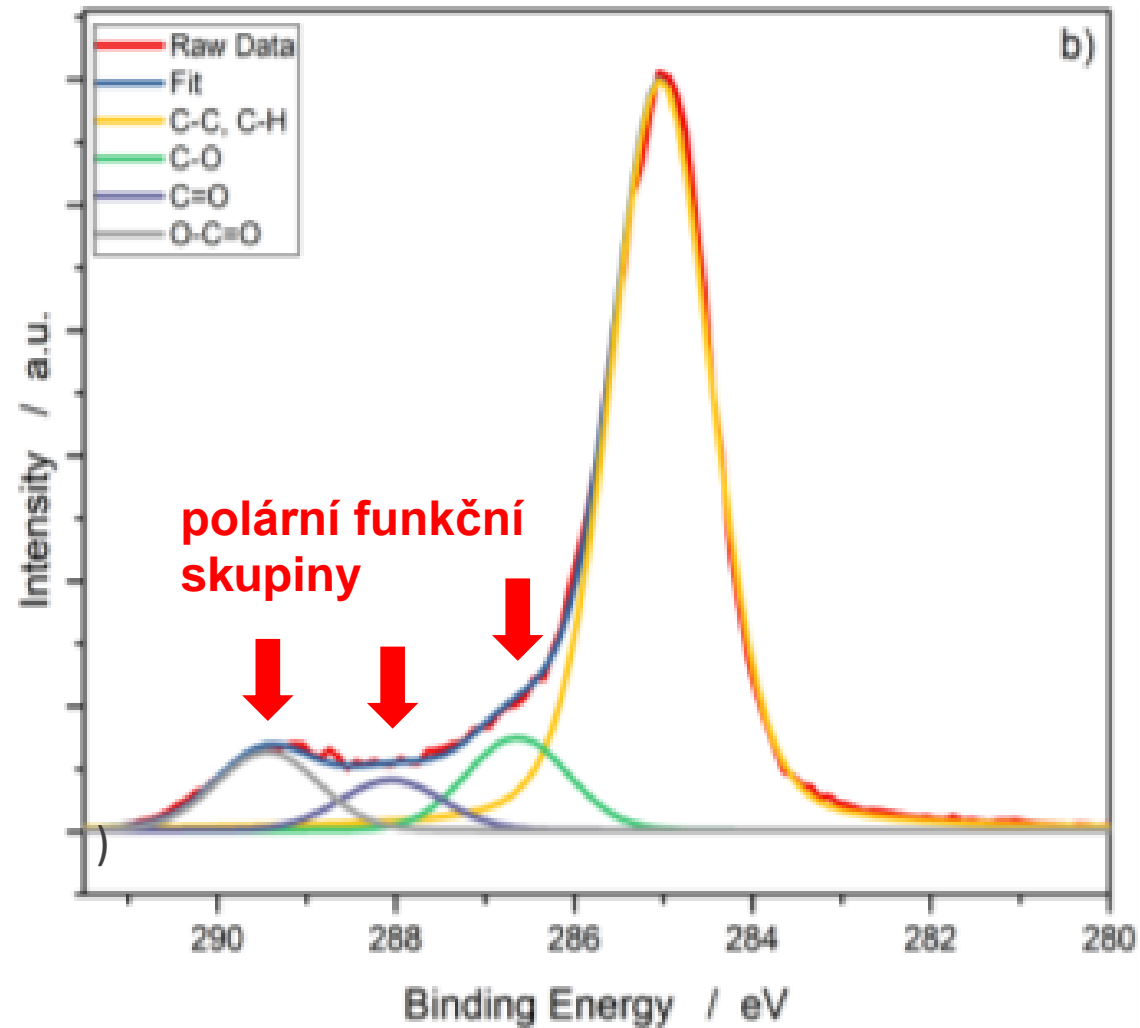
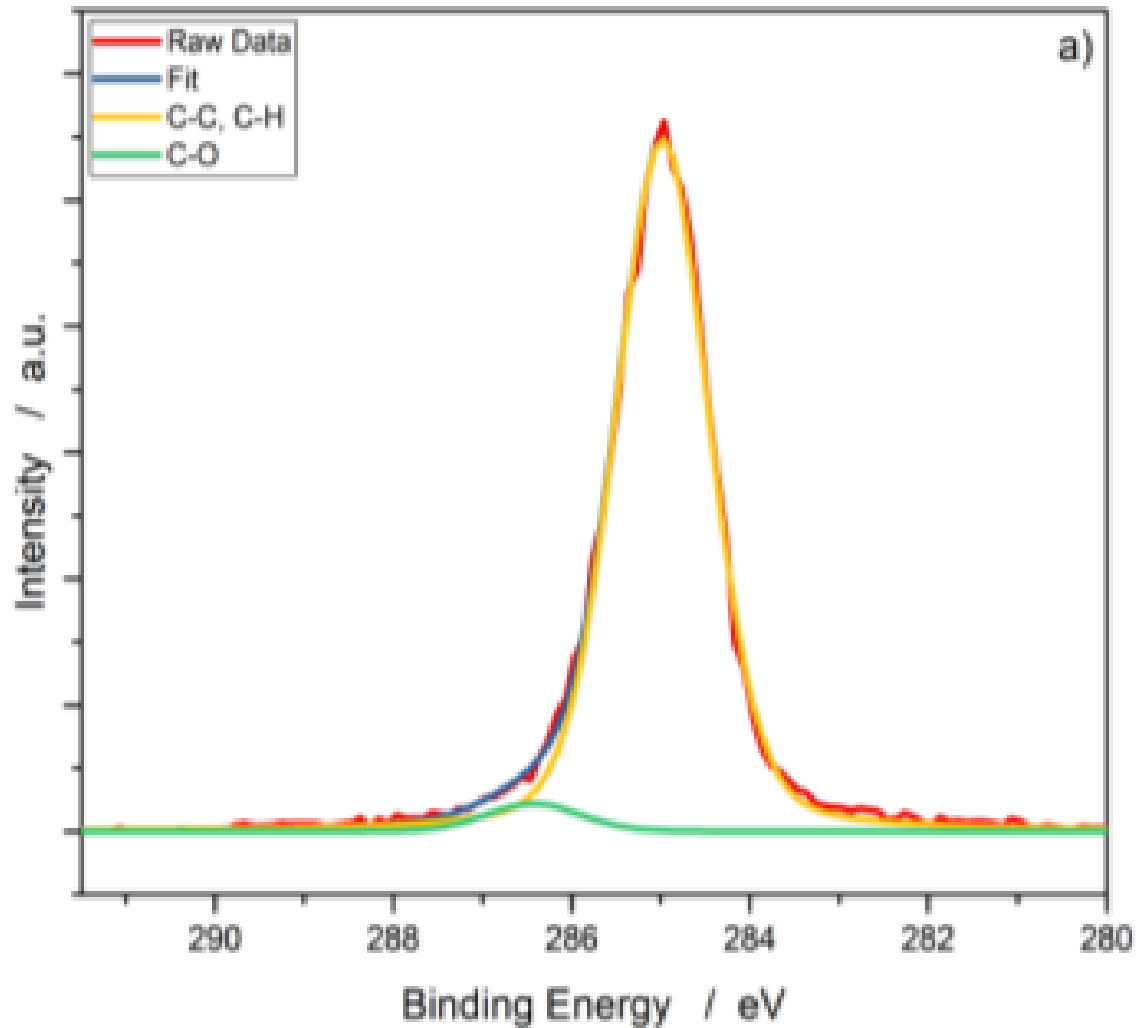
Prvková analýza, **detekce polárních funkčních skupin**



XPS spektrum plazmovaného povrchu PP (Ar/10%N<sub>2</sub>)



# MĚŘENÍ A ANALÝZA POVRCHU SUBSTRÁTU - XPS

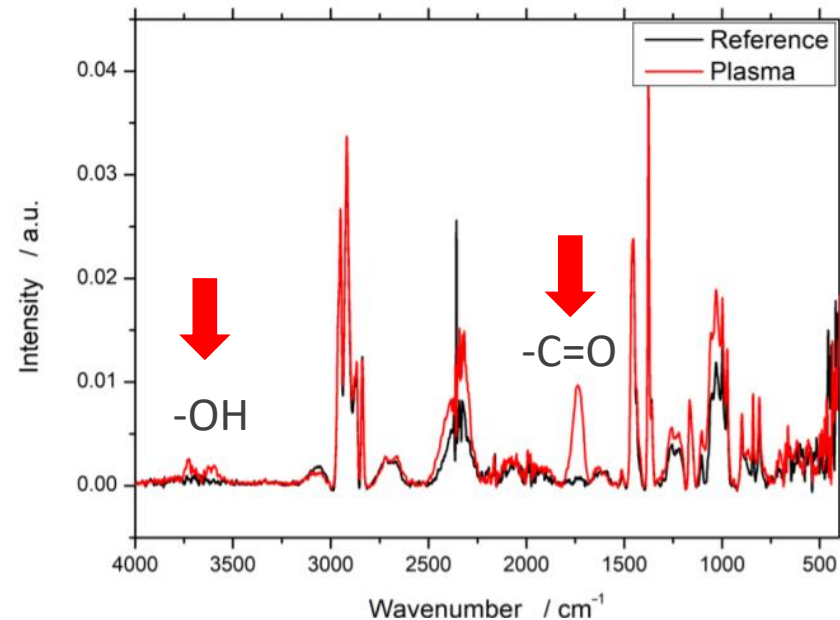


# MĚŘENÍ A ANALÝZA POVRCHU SUBSTRÁTU

- IČ spektroskopie FTIR/ ATR



Detekce polárních funkčních skupin, knihovna spekter



FTIR /ATR plazmovaného povrchu PP (Ar/10%O<sub>2</sub>)

- Mikroskopie atomárních sil (AFM)



Morfologie povrchu - MIKROSKOPIE

- Scanovací elektronová mikroskopie SEM substrátu

Zvětšení je až 100 000x s rozlišením kolem 3 nm



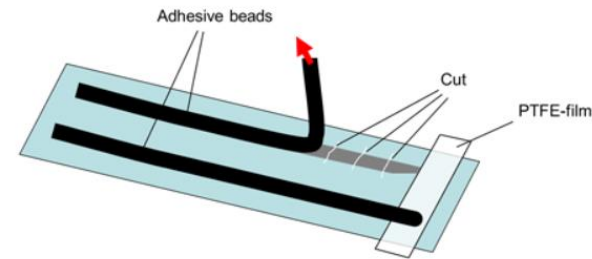
# TEST ADHEZE LEPIDLA

- **Destruktivní metody – síla na odtržení lepidla od povrchu**

Chemická vazba lepidla k povrchu vs. fyzikální interakce

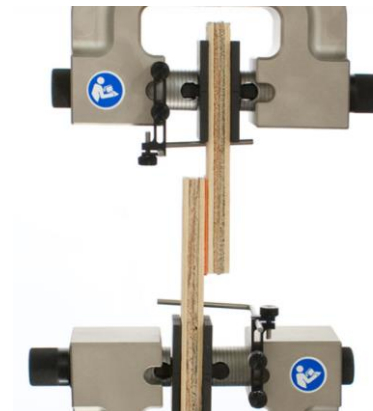
***Test na odlupování – peel test***

(mezifázová pevnost kontaktu)



***Tahové namáhání – pull off test***

***Smykové namáhání – lap shear test***





**W A T E C H**

# OPTIMALIZACE PROCESU PŘEDÚPRAVY SUBSTRÁTU

**Pro vhodnou předúpravu je třeba vždy zohlednit celý proces lepení**

**Vstupní parametry pro optimalizaci vhodné předúpravy**

- výchozí substrát a jeho složení
  - stupeň znečištění
  - vlastnosti nanášených materiálů (složení, povrchové napětí)
  - požadovaný takt výroby, manuální provoz, stupeň automatizace
  - bezpečnost procesu
- 
- metoda předúpravy
  - optimalizace nastavení zařízení pro předúpravu
- 
- VÝVOJ PROCESU**

**Aplikaci lepidla je nejlépe provést okamžitě po dokončení celého procesu předúpravy**

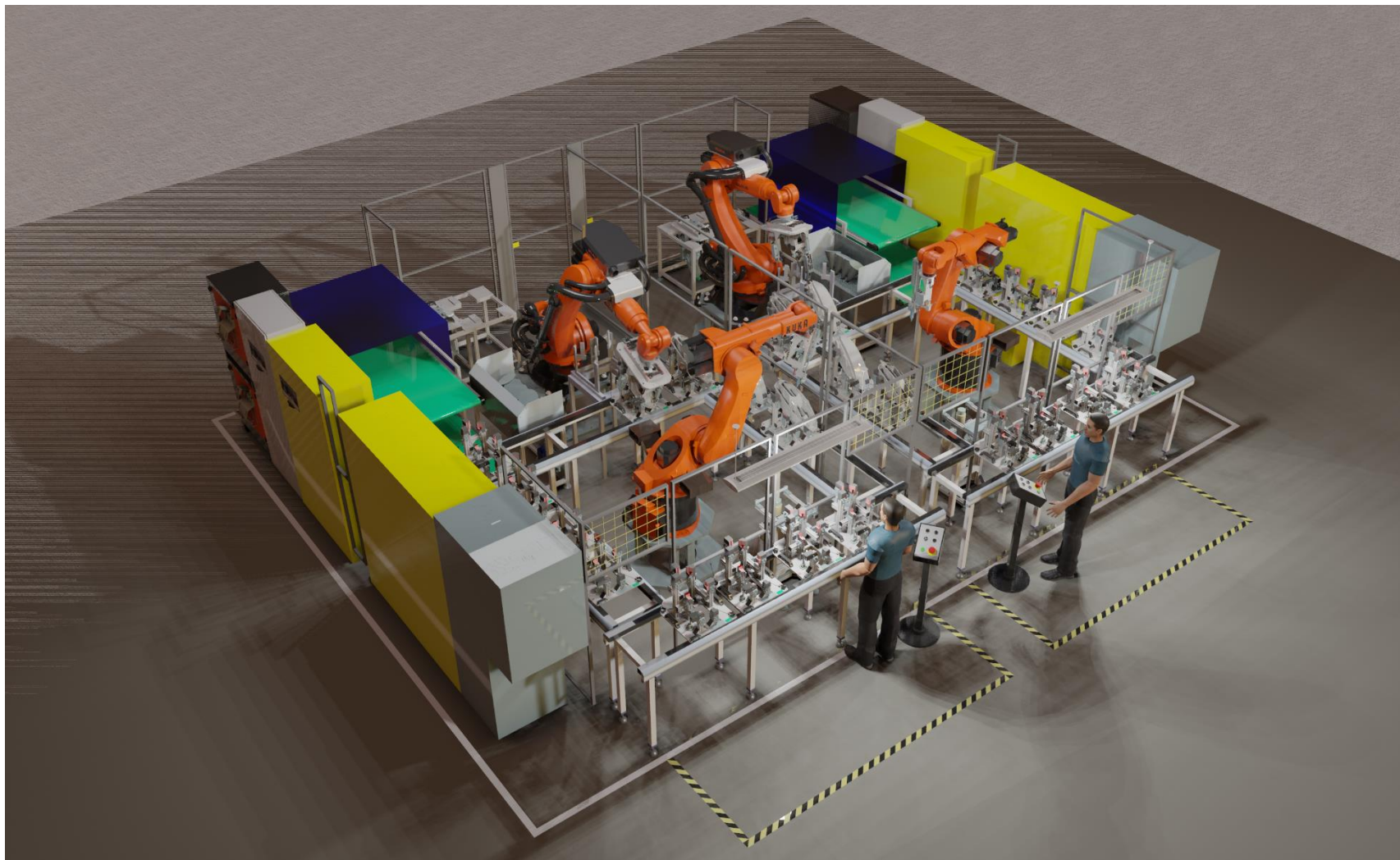
**Pokud to není možné, je nutné ověřit aktuální stav aktivace povrchu měřením povrchového napětí**

**Trvanlivost aktivace závisí na mnoha faktorech: podmínky skladování, složení materiálu (aditiva, teplota)**



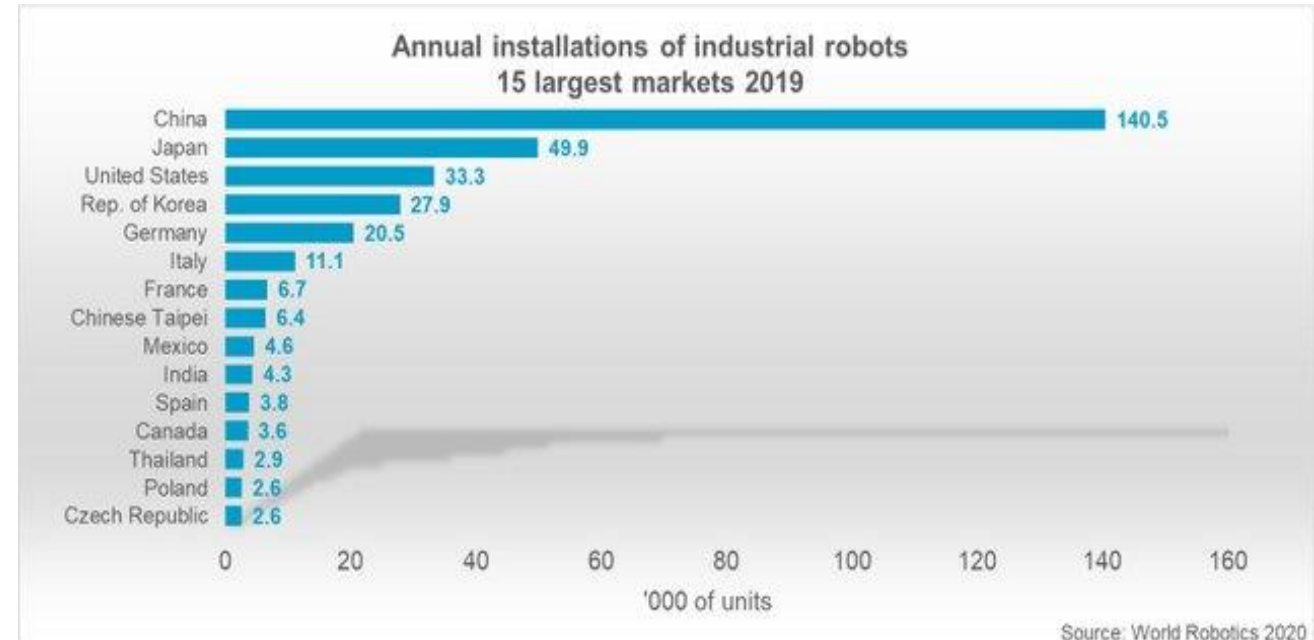
AUTOMATIZACE LEPENÍ – ZKUŠENOSTI A PŘÍSTUP WATECH A.S.

# AUTOMATIZACE V LEPENÍ



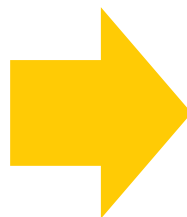
# AUTOMATIZACE A ROBOTIZACE V ČR A VE SVĚTĚ A JEJÍ PŘÍNOSY

- **Konkurenční výhoda**
- **Nárůst kvality výroby**
- **Snížení zmetkovitosti**
- **Standardizace procesu**
- **Úspora materiálu**
- **Navýšení kapacity výroby**
- **Nedostatek kvalifikované pracovní síly a pracovníků obecně**
- **Nové nečekané situace – např. pandemie apod.**



AUTOMATIZACE LEPENÍ – ZKUŠENOSTI A PŘÍSTUP WATECH A.S.

# AUTOMATIZACE A ROBOTIZACE V ČR A VE SVĚTĚ A JEJÍ PŘÍNOSY

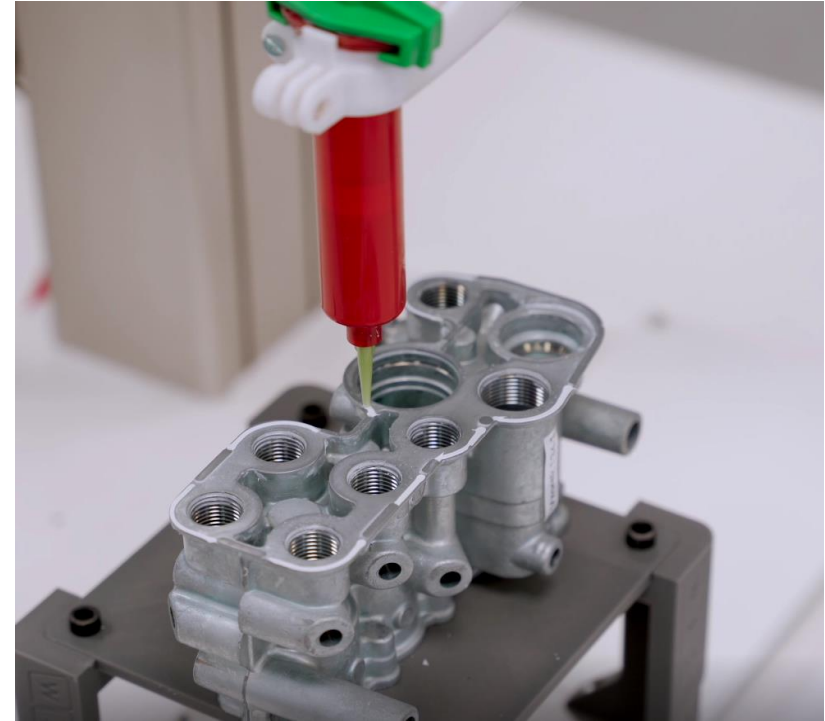
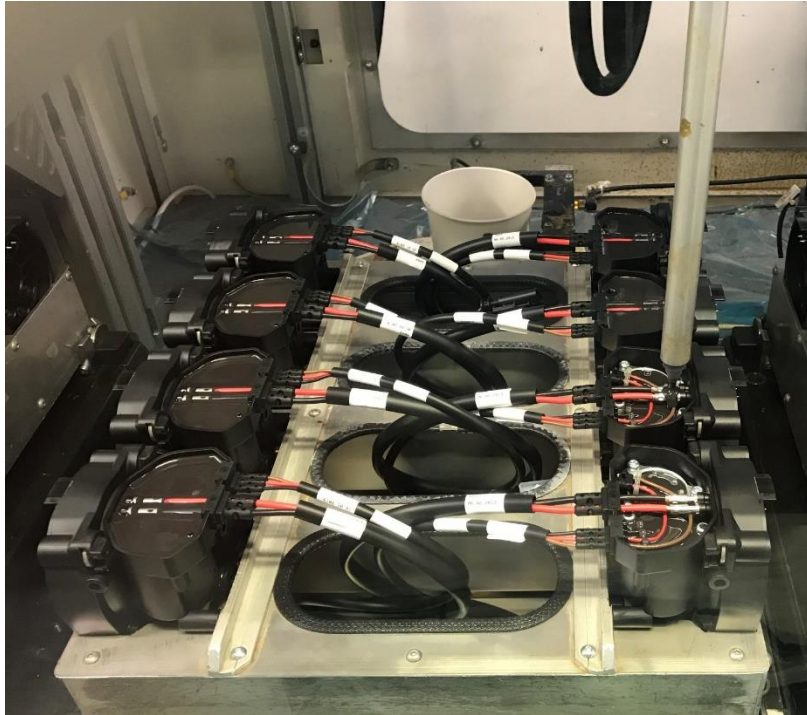




AUTOMATIZACE LEPENÍ – ZKUŠENOSTI A PŘÍSTUP WATECH A.S.

# CO SI PŘEDSTAVIT POD PRŮMYSLOVÝM LEPENÍM

- Zalévání, utěsňování, lepení



# AUTOMATIZOVANÁ APLIKACE LEPIDEL

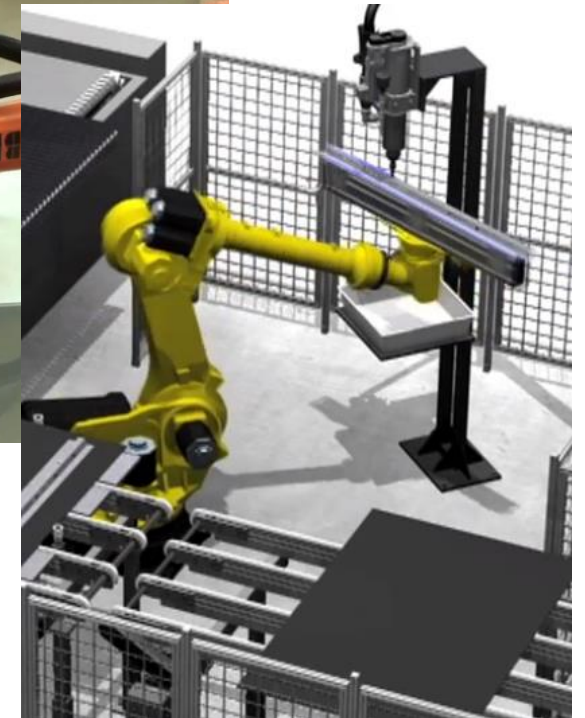
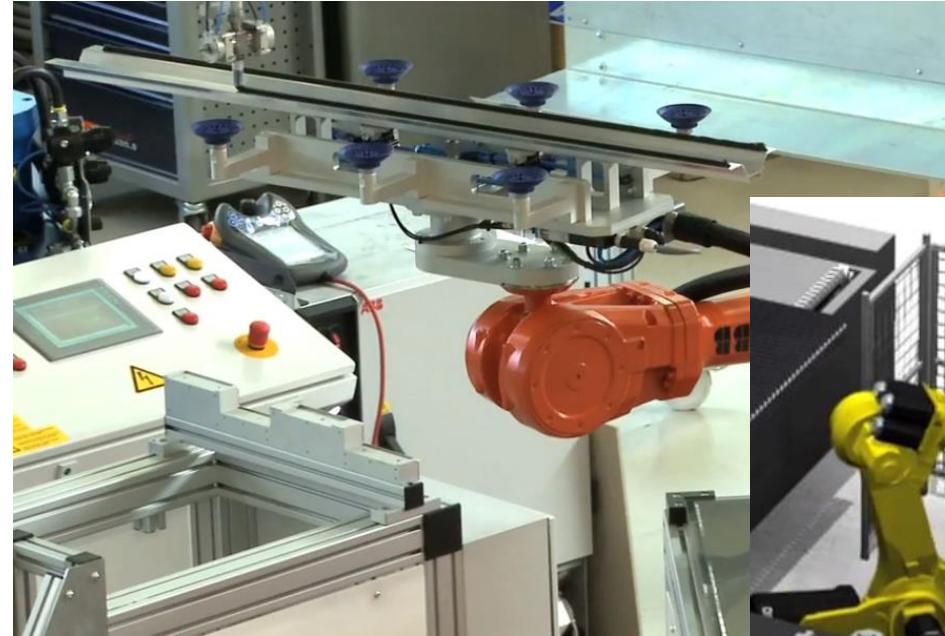
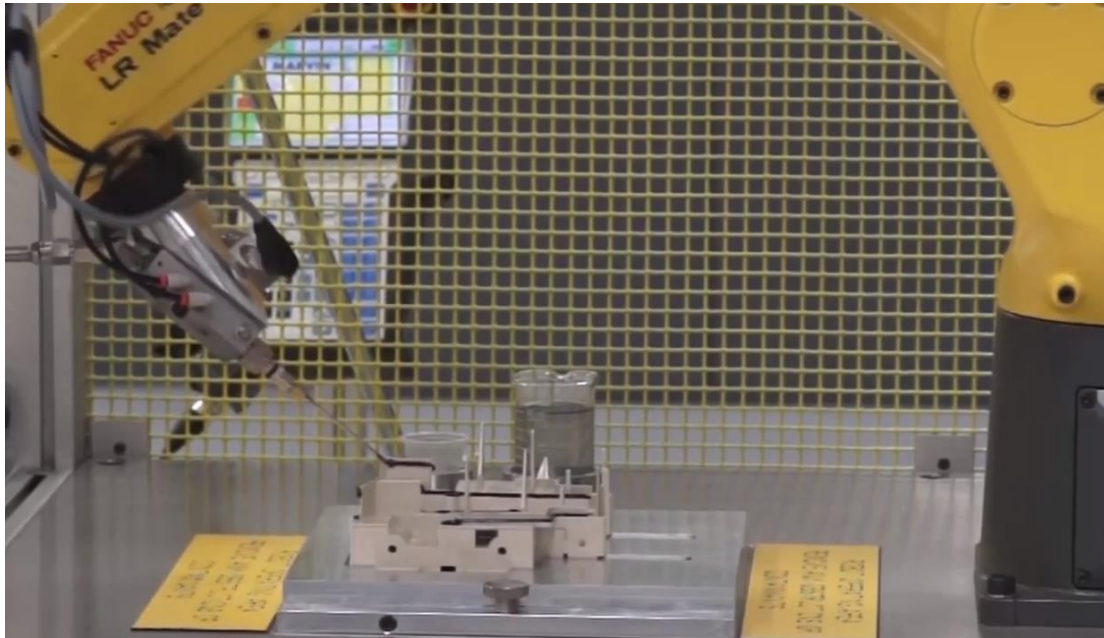
- **Hodí se zejména tam kde:**
  - Vyžadujeme definovanou kvalitu (přesnost, opakovatelnost, reprodukovatelnost)
  - Chceme zrychlit proces
  - Vyrábí se velké množství stejných výrobků
  - Aplikuje se zdraví škodlivý materiál
  - Je náročná manipulace s díly
  - Požadujeme vysokou produktivitu
  - Návaznost na další operace a technologie (dodržení přesného taktu procesu)



AUTOMATIZACE LEPENÍ – ZKUŠENOSTI A PŘÍSTUP WATECH A.S.

# AUTOMATIZOVANÁ PRACOVIŠTĚ

- Robotická pracoviště/buňky:



W A T E C H

AUTOMATIZACE LEPENÍ – ZKUŠENOSTI A PŘÍSTUP WATECH A.S.

# AUTOMATIZOVANÁ PRACOVIŠTĚ

- Jednoučelové stroje:



## AUTOMATIZOVANÉ PRACOVNÍŠTĚ MŮŽE ZAHRNOVAT:

- **Předúprava povrchu** – čištění povrchu, ionizace, plazmování povrchu, aplikace primeru
- **Založení a manipulace s díly** – přípravky, blistery, lineární pojezdy, dopravník, karusel, robot
- **Dávkovací a směšovací zařízení** – nahřívání materiálu, směšování 2K
- **Aplikace materiálu** – tryska pohyblivá na robotu, na lineárním pojezdu nebo stacionární
- **Vytvrzování po nanesení** – působení UV, vlhkosti, na dopravníku, v regálovém systému, v peci
- **Senzorika** – kontrola založení dílů, načítání čárových kódů, pozicování, kontrola dávky lepidla (přímá, nepřímá), bezpečnost
- **Kontrola kvality**

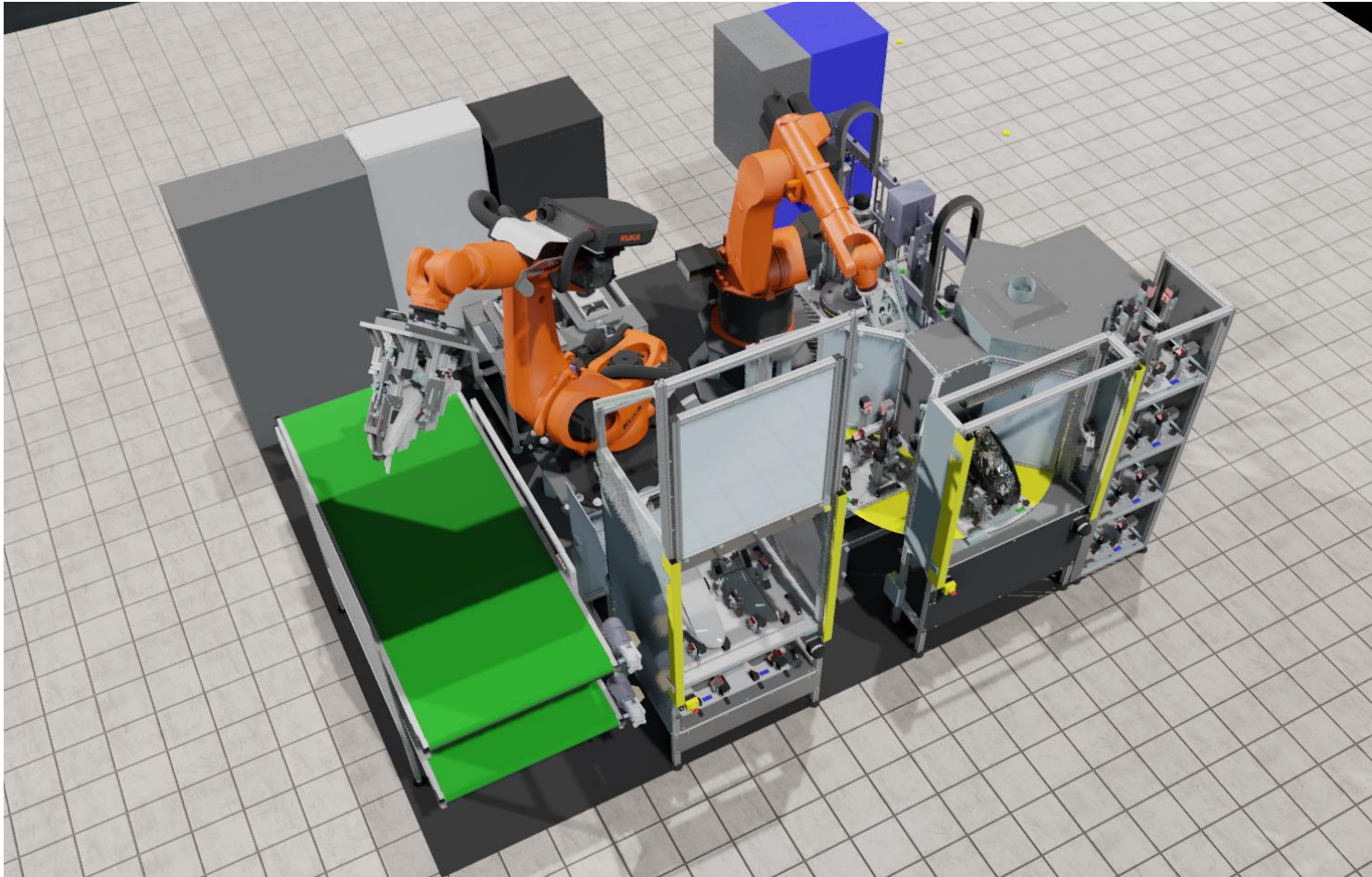


**Tvorba komplexního systému**



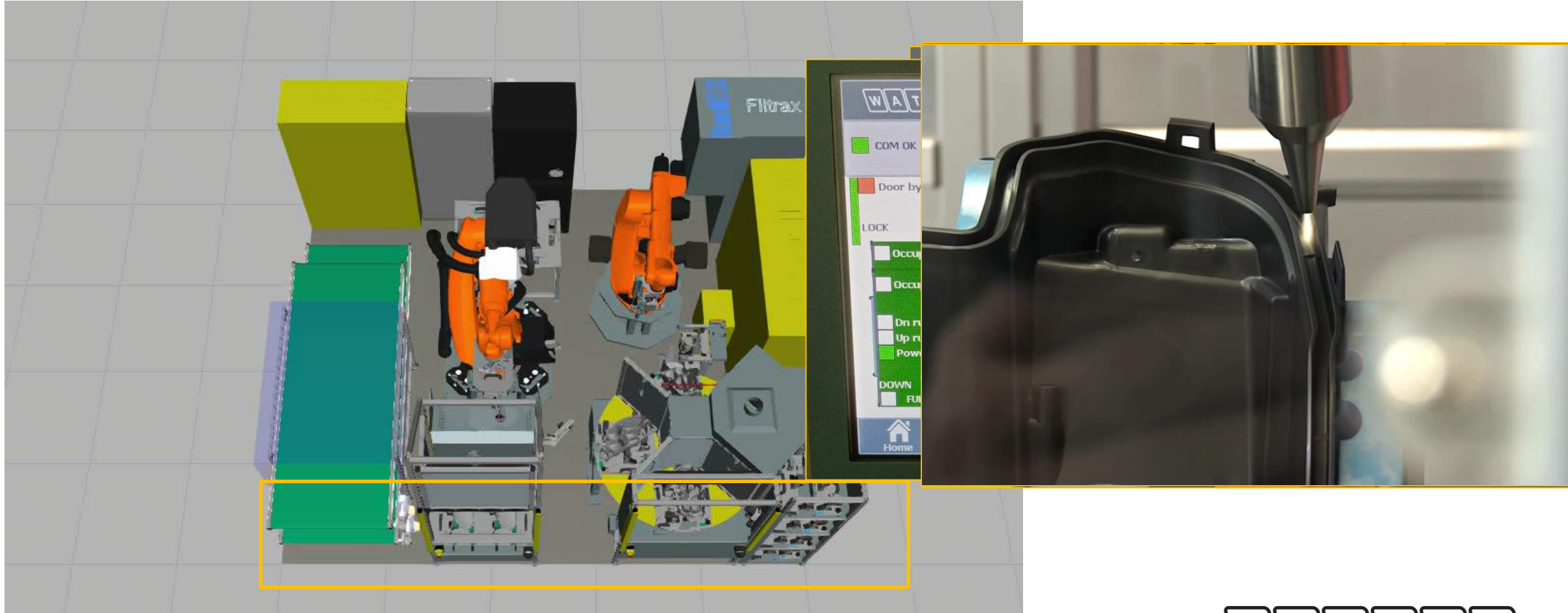
# PŘÍKLAD VYSOKÉHO STUPNĚ AUTOMATIZACE LEPENÍ

- Buňka na lepení automobilových světlometů – kontinuální výroba ve vícesměnném provozu



# PŘÍKLAD VYSOKÉHO STUPNĚ AUTOMATIZACE LEPENÍ

- Simulace – ověření funkcionality a návrhu pracoviště



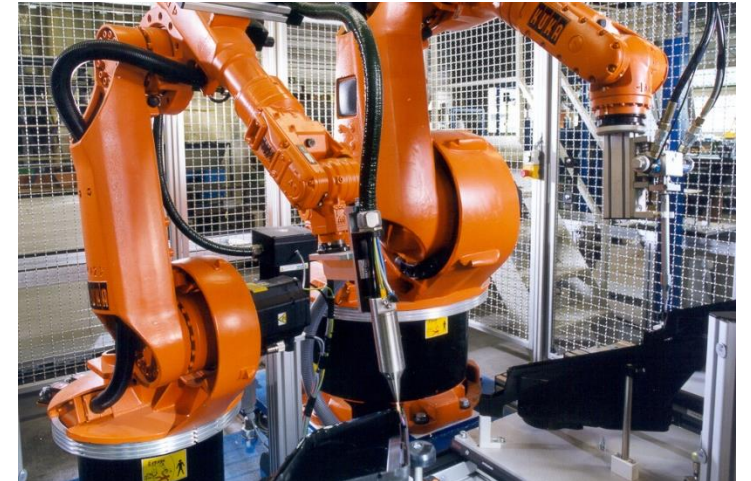
## RUČNÍ APLIKACE LEPIDEL

- **Není nutné vždy automatizovat proces lepení**
- **Hodí se zejména tam kde:**
  - Je velká variabilita lepených dílů
  - Relativně nízká a nepravidelná výroba
  - Velká dávkovaná množství
  - Nižší nároky na přesnost





## KDO JSME



- **Technologická a konstrukční firma** – partner pro automatizaci
- **Inovační společnost**
- **Dodavatel zařízení pro průmyslové lakování a lepení**
- **Importér předních světových výrobců**
- **Servisní organizace**

## TECHNOLOGICKÉ INOVAČNÍ CENTRUM (Rudná u Prahy)



- Školení v oblasti aplikace práškových NH, mokrých NH a lepidel,
- Stříkání a lakování prototypů,
- Ověřování a návrh technologických postupů a vlastností materiálů,
- Návrh a vývoj aplikační techniky a postupů, technické poradenství,
- B2B / B2C, pronájem technologického centra

# WATECH

Technologické a inovační centrum:

U Zastávky 771

252 16 Nučice - Praha Západ

[www.watech.cz](http://www.watech.cz)

+420 277 001 002

[info@watech.cz](mailto:info@watech.cz)



**Technologie pro lepení**

**Ing. Viktor Kreibich**

[vkreibich@watech.cz](mailto:vkreibich@watech.cz)

+420 778 071 972