

Robotika v Plastic Omnium v Lozorne

Francúzska spoločnosť Plastic Omnium vstúpila na slovenský trh v januári 2000, keď začala so slovenskou vládou rozhovory o výstavbe závodu na výrobu plastových komponentov do automobilov.

Haly s výrobnými priestormi s rozlohou cca 140 000 m² začali svoju produkciu začiatkom roka 2002. Francúzska spoločnosť preinvestovala na Slovensku pri výstavbe závodu približne 40 miliónov eur a vytvorila okolo 650 pracovných miest. V skutočnosti ide o dve spoločnosti. Plastic Omnium Auto Exteriors vyrába blatníky, nárazníky a nosiče a Plastic Omnium Fuel System dodáva pre finalizujúce automobilky plastové nádrže na benzín. Haly postavili Francúzi v priemyselnom parku Lozorno, 20 km od závodu VW Slovakia, ktorý je pre Plastic Omnium strategickým zákazníkom.

Naša reportáž bola zameraná na využívanie robotických systémov vo výrobnom procese. Ich najväčšia koncentrácia je v lakovni, kde hotové plastové nárazníky striekajú požadovanou farbou. V súčasnosti sa vo fabrike vyrába pre VW päť typov nárazníkov (autá VW Touareg a Porsche Cayenne).



Len na ilustráciu pre VW Touareg existuje predný nárazník v 72 verziách a 14 farbách (spolu 1008 kombinácií pre jeden typ nárazníka). Pre potreby lakovne je založený kusovník pre týchto päť druhov. Spolu s ostatnými komponentmi súvisiacimi s výrobou nárazníkov (napríklad spojery) má kusovník 6 až 7 000 položiek (veľké diely). K nim ešte treba pripočítať aj predný a zadný nárazník na VW Polo (podstatne menej dielov). Konkurencia vyrába nárazníky pre Seat Ibiza, dodávky do závodu VW však realizuje Plastic Omnium a vlastne plní úlohu príprav senkvencií pre montážnu linku.

Kompletný proces striekania nárazníkov

Opaľovanie nárazníkov (oxidácia)

Na chodbách za sklenými výplňami buniek, kde sa nachádzajú roboty v lakovni na farbenie a lakovanie nárazníkov, platia prísne hygienické predpisy. Ide o tzv. čistú zónu (ZEC). Vstup do priestorov lakovne má len obsluha v celotelových kombinézach vrátane pokrývkov hlavy. Dôvod, prečo musia byť ľudia kompletne zahalení ako vo vývojových centrách NASA či v halách na výrobu mikročipov, je ten istý – zabrániť alebo aspoň vo veľkej miere obmedziť vnášanie prachových častíc do pracovného priestoru striekania nárazníkov. Už častica s veľkosťou 10 mikrometrov dokáže na finálnom výrobku vytvoriť výstupok, ktorý VW považuje za neprijateľný.

Nárazník sa musí najskôr opláchnuť vodou, odmastiť od nečistôt a osušiť od vody. Suchý a odmastený nárazník prichádza k prvému stanovištu, kde sa nachádzajú štyri roboty, ktoré vykonávajú tzv. opaľovanie. To vedie k oxidácii nárazníkov, vďaka čomu sa plast zdrsňuje a farba oveľa lepšie drží. Roboty opaľujú nárazníky plameňom. Bez tejto fázy by mohlo prísť k nežiaducej adhézii, inými slovami k olupovaniu farby z povrchu nárazníka. Na každej strane dopravníka, ktorý posúva nárazníky po celej výrobnej trase, sú dva roboty, takže v jednom čase sa opaľujú najmenej šty-



Pohľad na roboty polymerizácie v kabíne prvej fázy výrobného cyklu

ri nárazníky naraz. V prípade spodných častí nárazníkov tzv. spojlerov ich môže byť až osem. Štandardný lakovací robot IRB 5400-2 so šiestimi stupňami voľnosti od spoločnosti ABB je určený do nevýbušného prostredia. Jeho nosnosť je 50 kg. Robot je oplechovaný a pretlakovaný vzduchom. Vzduch ako médium má jednu výhodnú vlastnosť, disponuje vlastnou ochrannou atmosférou. V prípade výskytu elektrického výboja dokáže tento jav interne vykompenzovať a zabrániť tak ohrozeniu okolitého výbušného prostredia, ktoré je v lakovni na úrovni zóny 3. Pri preskočení iskry je vysoká pravdepodobnosť vzniku výbuchu, resp. požiaru. Podlaha miestnosti je z mrežovaných roštov, pod ktorými je kanál so stojatou vodou. Tá slúži na zachytávanie nečistoty a častočiek, ktoré tlačí smerom nadol ventilácia. Miestnosť je teda zhora pretlakovaná.

Striekanie podkladovej farby (primeru)

Po opálení prechádzajú nárazníky tunelom, kde čiastočne ochladnú. Po ňom prichádza na rad pracovisko s dvoma robotmi, ktoré nanášajú podkladovú farbu tzv. primer. Na stenách sú plastové fólie s nanosenou vazelínou, do ktorej sa zachytáva zvyšková farba (overspray). Vodný kanál pod podlahou je už s tečúcou vodou, pretože zvyšková farba, ktorá sa pri striekaní neprenesie na nárazník, padá do vody, v ktorej je špeciálna látka (flokulant) reagujúca s farbou a mení jej kvapalné skupenstvo na pevné v kalovej jame. Z nej sa pomocou ponorného čerpadla a potrubia dostáva naspäť do kabíny. Táto vyzrážaná pevná zložka sa mechanicky vyhrabáva do určenej nádoby a likviduje.

Plast sám o sebe je nevodivý. Preto sa na nárazník strieka podkladová farba, ktorá je už vodivá a spôsobuje elektrostatický efekt v ďalších fázach striekania nárazníka elektrostatickými pištoľami.

Nanášanie farby je realizované pneumatickou pištoľou AGMD. Prívod farieb je zabezpečený zvonka pracoviska z miešarne farieb. Do podkladovej farby sa v určitom pomere pridáva tvrdidlo (hardener), aby nanosená zmes rýchlo vyschla. Vytvrdzovanie prebieha pomocou vzdušnej vlhkosti. V kabíne musí byť predpísaná teplota a vlhkosť, aby schnutie primeru prebiehalo podľa predpísaných procesných parametrov. Tretí produkt privádzaný do pištole robota je riedidlo, ktorým sa čistia pištole a rozvody, aby nedošlo k zatvrdnutiu produktu.



Robot s pneumatickou pištoľou uloženou v čistiacej skrínke na pracovisku striekania podkladovej farby

Presné dávkovanie striekanej zmesi zabezpečuje ozubená pumpa, ktorá púšťa 1,2 alebo 6 cm³ za známy počet otáčok. Na základe vyhodnotenia údajov zo snímača otáčok sa presne vie, aké množstvo sa strieka na nárazník. Zmiešanie podkladovej farby a tvrdidla prebieha tesne pred striekaním v tzv. 2K mixéri priamo na robote. Zmiešaný produkt potom prúdi hadičkou do pištole.

Súčasťou pracoviska sú aj tzv. cleaning boxy, čiže čistiace skrinky, kde sa koncové zariadenie robota, teda striekacia pištoľ zbavuje nečistôt. Aplikácia striekania nemá vysoké nároky na presnosť. Lakovacia linka je naprojektovaná s presnosťou ± 20 mm. Tento údaj reprezentuje toleranciu posunutia robota voči dopravníku.

Robot nemá vlastné snímače, ktorými by registroval polohu nárazníka. Na sledovanie dopravníka robotom sa využíva conveyor tracking, ktorý je predprogramovaný. V programe sa zadáva presná trajektória a jednotlivé body, v ktorých má nastať konkrétna činnosť. Programovanie možno vykonať priamo v robote, ale v závode sa využíva nadstavba ABB tzv. Shopfloor editor. Čas striekania jedného nárazníka v závislosti od typu trvá približne 60 až 90 sekúnd.

Striekanie základnej farby

Pracovisko striekania základnej farby je v súčasnosti vybavené šiestimi robotmi. Konceptia kabíny je takmer totožná s predchádzajúcimi fázami. Na stenách sú navyše plastové fólie s nanosenou vazelinou, do ktorej sa zachytáva zvyšková farba (overspray). Pri elektrostatickom striekaní sa v priemere využije od 60 do 80 % striekanej farby, zvyšok sa rozpráši do okolia. Na zachytávanie týchto čiastočiek slúži nielen vodný kanál pod podlahou, ale aj spomínané vazelinové steny. Raz za mesiac sa plastové fólie vymieňajú za nové. Lakovňa sa čistí raz do týždňa, pretože počas toho sa nanese hrubá vrstva, ktorú treba pravidelne odstraňovať. Výdavky na čistenie lakovne vôbec nie sú zanedbateľnou položkou a ročne sa pohybujú v objeme niekoľkých miliónov korún.

Na nástrek veľkého množstva farby na nárazník sa používajú roboty, na ktorých sa nachádzajú tzv. zvonce (bell) a v záhyboch,



Robot IRB 5400 s elektrostatickým zvonom od firmy Sames na nanášanie prvej vrstvy farby



Robot IRB 5400-2 s pneumatickou pištoľou AGMD od firmy ITW na nanášanie druhej a tretej vrstvy farby

kde sa vyžaduje striekanie menších plôch, pneumatické pištole. Pôvodne boli na tomto pracovisku pri nábehu linky pre výrobu VW Polo len dva „zvoncové“ roboty a dostrek vykonávali ľudia. Vzhľadom na to, že pri nábehu výroby nárazníkov pre VW Touareg a Porsche Cayenne boli požiadavky na kvalitu vyššie, pristúpilo sa k rozšíreniu linky o ďalšie 2 roboty s pneumatickými pištoľami. Volkswagen svoje kritériá kvality v roku 2004 ešte viac sprísnil a závod nebol schopný so 4 robotmi dosiahnuť vyžadovanú kvalitu. Preto padlo rozhodnutie centrálne vo Francúzsku investovať do kúpy ďalších 2 dostrekovacích robotov vo fáze striekania základnej farby, ktoré sa inštalovali počas odstávky výroby minulý rok. Cieľom bolo eliminovať ľudský faktor v lakovni a dosiahnuť zákazníkom požadovanú kvalitu. Robot má totiž v porovnaní so sprayerom niektoré nesporné výhody. Výsledok jeho práce je zakaždým rovnaký, rýchlosť i kvalita sú neporovnateľne vyššie, nevznáša do kabíny prachové častice a je odolný voči okoliťmu agresívnemu prostrediu.

Lakovanie

Záverečnou fázou je nanosenie laku. Nárazník po nastriekaní základnej farby prechádza tunelom (flash-off), kde farba pred lakovaním vysychá. Poradie robotov je v tomto prípade opačné ako pri nanášaní farby. Lak najskôr striekajú roboty s pištoľami a potom „zvoncové“ roboty, ktoré boli v tejto fáze výroby inštalované na prelome roka 2003 – 2004. Ich inštalácia bola nevyhnutná na dosiahnutie kvalitatívnych požiadaviek VW na nástrek laku, ktoré sa nedali dosiahnuť len s pištoľami EFMD. Vo francúzskej centrále schválili ďalšiu investíciu pre pracovisko striekania laku na kúpu 2 „zvoncových“ robotov.



robot IRB 5400-2 s elektrostatickou 2-hlavovou pištoľou od firmy ITW pre touch up nanášanie laku

robot IRB 5400-2 s elektrostatickým zvonom od firmy SAMES pre nanášanie laku druhej vrstvy

Po lakovaní nasleduje prechod pecou, kde sú nárazníky vytvrdzované teplým vzduchom z horáka. V peci je počas vytvrdzovania teplota v rozpätí od 80 do 100 °C. Priemerný čas trvania kompletného procesu finalizácie striekania farby od vstupu nárazníka na trasu až po výstup z pece je tri hodiny.

Roboty a ich priaznivý vplyv na zníženie chybovosti

Bezchybnosť finálnych produktov sa zabezpečuje dodatočným obrusovaním od nečistôt. Po opustení pece sa ukázu aj iné typy kazov, ktoré sa nazbierajú počas celého predchádzajúceho procesu. Typickým príkladom sú skryté kvapôčky riedidla, ktoré po vytvrdnutí v peci praskajú a zanechávajú na povrchu malé kráteriky. Tieto chyby sa odstraňujú leštením. Záverečné opravy sú už plne v režii ľudí.

Zvyšovanie počtu robotov prinieslo a prináša očakávaný efekt. Zvýšil sa objem výroby i kvalita výrobkov a výrazne sa znížila zrážkovitosť nárazníkov z lakovne. K zlepšovaniu výslednej kvality a organizácie firmy prispieva aj nedávno spustený SAP systém.

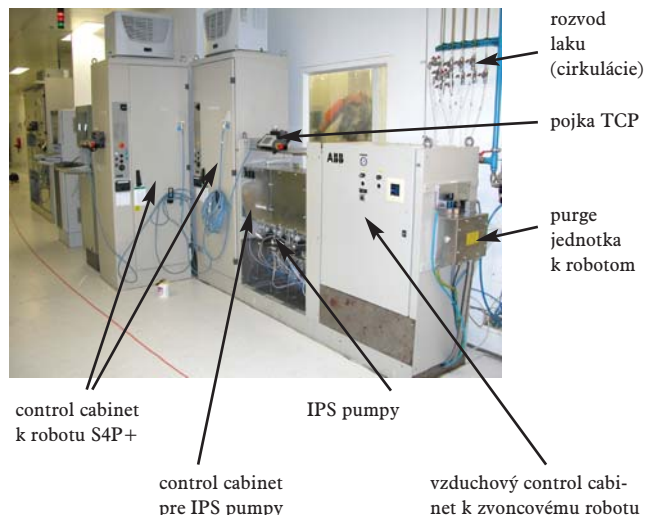
Denná produkcia lakovne je približne 1 800 kusov nárazníkov bez uvažovania spojlerov a drobných komponentov (baby parts). Po ich zohľadnení sa denná produkcia vyšplhá približne na 6 000 dielov.

Riadiace a vizualizačné systémy

Na najnižšej úrovni sa používajú v zásade štyri typy riadiacich systémov od ABB s označením S4P a S4P+ (novšia vývojová verzia). Lokálne riadenie majú všetky roboty, samostatne sú riadené horáky aj dopravník s držiakom na nárazníky. Robot možno ovládať aj prostredníctvom klasického prenosného panela (teach peadant – spojka). Ten má v sebe implementovaný softvér, v ktorom sú naprogramované všetky potrebné povely. Robot sa dá naviesť do referenčnej polohy alebo do čistiacej skrine z ktorejkoľvek polohy aj manuálne pomocou spojky.

Riadiace PLC systémy

O chod linky sa stará šesť PLC systémov. Samostatné PLC jednotky zadávajú povely ventilácii, bunke station 1 (pracovisko oparovania a nanášania laku), station 2 (pracovisko striekania podkladovej farby a základnej farby), umývačke a odmasťovaniu nárazníkov (powerwash), spaľovni (spaľovanie výparov z kabín) a miešarni farieb. Všetky PLC systémy sú navzájom prepojené komunikačnou sieťou FIB way (interný produkt Schneider Electric). PLC sú pripojené k počítačom, ktoré slúžia najmä na vizualizáciu kabín, prostredníctvom Ethernetu. Station 1 aj station 2



disponujú jedným vizualizačným počítačom. Robot a PLC komunikujú pomocou zbernice CANbus. Komunikácia medzi PLC a vizualizačnými stanicami celej linky tzv. supervisorymi je zabezpečená Interbusom.

Z logického hľadiska sú nadradenými riadiacimi systémami station 1 a 2 práve PLC jednotky, ktoré posielajú povely robotom a spätne prijímajú údaje. Robot navyše sleduje príkazy operátora vizualizačných počítačov a nezávisle od PLC dostáva aj informáciu o polohe dopravníka cez snímač polohy dopravníka, ktorý sa nachádza pred každou kabínou.

Na sledovanie, kontrolu a vizualizáciu celej linky slúžia počítačové stanice supervisory. Jedna stanica sa nachádza na nákladke pred vstupom nárazníkov na linku a druhá v čistej zóne. Do týchto jednotiek sa zadáva aj produkčný plán. Zároveň umožňujú spustiť chod linky v presne stanovený dátum a čas.

Station 1 nemá uzavretú slučku a v prípade zlyhania komunikácie medzi jednotlivými vetvami nastane okamžité prerušenie činnosti. Station 1 aj station 2 dostávajú informácie od PLC riadiaceho činnosť pecí, dopravníka a ventilácie. Bez dostupnosti týchto údajov je odstavená činnosť celej linky, pretože PLC systémy station 1 a 2 nemajú žiadnu informáciu o tom, či sú splnené základné podmienky výroby (teplota, vlhkosť v kabínach atď.).

Vizualizačný softvér

Na vizualizáciu na station 1 a 2 slúži výtvar francúzskej pobočky ABB tzv. Paint Cell. V rámci obslužných okien si možno vybrať znázornenie pracoviska konkrétnej fázy striekania a pozrieť si aktuálne parametre každého robota (tlak pred pumpou a za ňou atď.). V programe Paint Cell sa dá prepnúť robot aj do manuálneho režimu, čo v tomto prípade znamená robot má konkrétny režim práce (odchod do čistiacej skrine, prechod do referenčnej polohy), ale nie priame navádzanie robota.

K dispozícii je aj tabuľka histórie chýb či bilančné záznamy chodu procesu (ktorý robot, kedy čo striekal, v akom množstve farby a čas trvania). Tieto údaje sú dôležité pri vyhodnocovaní kvality a hospodárnosti striekania a slúžia aj na optimalizáciu nákladov.

Softvér Paint Cell dáva umožňuje aj prezeranie brush tabuľky, čo je zoznam jednotlivých krokov práce robota. Pozrieť si možno celú trajektóriu robota vrátane činnosti, ktorú počas nej vykonáva, reprezentovanú konkrétnymi parametrami. Linka je v súčasnosti technologicky softvérovo obmedzená počtom trajektórií, z čoho vyplýva, že v závode môžu v súčasnosti striekať maximálne 50 rôznych dielov. Modifikáciou softvéru sa toto číslo môže, samozrejme, zvýšiť, ale tento úkon súvisí aj s nadväzujúcim odladením, čo je časovo náročné. Linka momentálne nevyužíva celú možnú kapacitu, preto nie je modifikácia softvéru zatiaľ potrebná.



Technický manažér podniku Vladimír Bobovský pri vizualizačnom PC pre station 1

Ďalší využívaný softvér Shop floor editor ponúka možnosť prezerat' si trajektórie koncových členov robota, spúšťať simuláciu striekania nárazníka či navrhovať vlastnú trajektóriu. V závode sú traja ľudia určení len na návrh a testovanie trajektórií vhodných na praktické využitie vo výrobe. Testovanie navrhnutých trajektórií prebieha na skúšobných nárazníkoch priamo na linke iba vo vymedzenom období v roku.

Trénovací robot

Ako z názvu vyplýva, slúži na návrh nových trajektórií, ktoré sa po odladení využívajú priamo vo výrobe. Trénovací robot je totožného typu ako všetky roboty na striekacej linke. Koncový člen má tvar i rozmery striekacej pištole. Učenie prebieha úplne manuálne z ovládacieho terminálu. Robot sa manuálne dovedie do každej pozície, v ktorej sa mu určí konkrétna náplň činnosti.

Body sa prepoja krivkou a výsledkom je trajektória. Pri učení sa simuluje práca okolo stojana naplneného skutočnými nárazníkmi.

Bezpečnosť obsluhy

Vzhľadom na to, že ide o uzavretý priestor s manipulujúcimi robotmi, vstup do neho musí byť pre človeka bezpečný. Na kontrolu stavu otvorenia, resp. uzavretia vchodových dverí do pracovného priestoru kabíny slúži špeciálny panel. Roboty okamžite prerušia svoju činnosť v prípade otvorenia dverí, na ktorých sú inštalované bezpečnostné spínače. Na paneli sú štandardné prvky, ako je potvrdenie alarmov alebo spúšťanie dopravníka.

Energetická spotreba

Energetické maximum sa v závode stanovilo spolu s firmou PPA Power a v spolupráci s ňou prebieha optimalizácia spotreby. PPA Power sa v súčasnosti zaoberá internetovým vyhodnocovaním energetického štvrťhodinového maxima a ich úsilie už prinieslo prvé výsledky. Závodu sa podarilo klesnúť s energetickou spotrebou približne o 5 %.

Reportáž v závode Plastic Omnium v priemyselnom parku Lozorno by sa nemohla uskutočniť bez Vladimíra Bobovského, technického manažéra firmy, ktorý ochotne a ústretovo odpovedal na všetky naše otázky a robil nám odborný sprievod po prevádzke lakovne.

**Branislav Bložon
Anton Géner**