

Digitálna rádiografia v praxi

Ing Pavol Kučík, Slovcert spol. s r.o., Bratislava

Abstrakt

Nové digitálne detektory žiarenia boli vyvinuté najmä pre medicínske aplikácie, kde bola snaha nahradiť rtg filmy. To je v súčasnosti badať aj v oblasti NDT. Nové aplikácie tzv. digitálnej rádiografie pri použití DDA detektorov – plochých panelových detektorov, lineárnych snímačov a ohybných snímacích pamäťových platní umožňujú rýchlejšie získanie rtg snímky, kratší čas spracovania, a väčší dynamický rozsah ako ponúka klasická filmová technika. Servisné firmy uvádzajú niekde až 25% zníženie expozičnej doby v porovnaní s rtg filmami. Digitálna resp. počítačová rádiografia prináša zníženie ekonomických výdavkov ako aj veľmi nízke ekologické zaťaženie. Nie vždy sa ale dosahuje pri digitálnych detektoroch rovnaká kvalita zobrazenia ako pri rtg filmoch. Požiadavky európskych a amerických noriem v súčasnosti stanovujú požiadavky na kvalitu digitálneho zobrazenia a určujú ako merať kvalitu zobrazenia. Hovoria o najdôležitejších parametroch kvality zobrazenia a to odstupe signálu od šumu a neostrosti. Vlastností detektorov žiarenia sú kontrolované elektronicky a podľa expozičných podmienok. Nové techniky sa nazývajú tzv. priama rádiografia a techniky pre náhradu rtg filmov. Obrovská výhoda digitálnych techník je možnosť počítačového spracovania obrazu a jeho interpretáciu. Takéto systémy môžu potom optimalizovať spôsob detekcie trhlín, ich hĺbky a meranie ich rozmerov. Pre sériovú výrobu je už možné použiť automatizovanú detekciu chýb, meranie rozmerov. Ďalší rozvoj bude orientovaný najmä na zavedenie počítačovej tomografie pri ndt aplikáciách.

1. Úvod

Nové digitálne detektory majú veľký potenciál nahradiť rtg filmy v prežarovacej technike. Až 30% rádiografických filmov pri prežarovaní môže byť nahradených súčasnými technológiami v oblasti digitálnej rádiografie. Výber použitia digitálnej rádiografie závisí najmä od ceny, požiadavok kvality, pracovného cyklu.

Digitálne zobrazenie ponúka veľa výhod, ale je nevyhnutné a nutné zvážiť krok pokiaľ sa niekto rozhodne prejsť z klasickej rádiografie na digitálnu. Tento článok chce uviesť prehľad rôznych spôsobov použitia digitálnej rádiografie pri súčasných technológiách, spolu s experimentálnymi výsledkami jej prvých užívateľov.

V prvom rade je nutné rozlišovať typy rádiografie. Okrem priamej rádiografie s využitím filmov sa používa výraz digitálna rádiografia. Pod tento výraz sa zahrňuje tak digitálna ako aj počítačová rádiografia. Pre jednoduché ozrejmienie, rozdiel medzi nimi je v spôsobe detekcie obrazu. Digitálna rádiografia má detektory s priamym prevodom prežiareného obrazu do digitálnej formy, zatiaľ čo počítačová rádiografia využíva najčastejšie čítacie zariadenia/skenery na zachytenie pamäťovej informácie uloženej na platni s povrchovou vrstvou s pamäťovým efektom. Skenovanie filmov - počítačová rádiografia a priame prežarovanie pri použití plochých panelových detektorov – digitálna rádiografia majú vždy uplatnenie v svojej špecifickej oblasti aplikácií a užívateľov. Pre mnoho detektorov v digitálnej rádiografii platí obmedzenie, že prežarovacia energia musí byť nižšia ako 250 keV. Na druhej strane existujú výhody - skracuje sa proces prežarovania a spracovania obrazu, nie je problém s odpadom chemických látok.

Profesionálni pracovníci v oblasti NDT vedia, že pre niektoré aplikácie a čiastkové inšpekčné kontroly sú požadované viaceré NDT skúšobné metódy. Rovnako je tomu tak aj pri rádiografii, kde sa používa široký sortiment typov filmov, ktoré sa vyberajú podľa nárokov kvality, rozlíšenia, typu a určenia výrobku a výrobných kapacít.

Pre podrobné hodnotenie výhod je nevyhnutné skutočne rozlišovať rozdielnosť aplikácií

- Aplikácie, kde sú uplatňované normy (zvary, odliatky, letecký priemysel)
- Oblasť bez normatívnych predpisov (korózia, meranie hrúbky stien)
- Automatizovaná kontrola oproti ručnej kontrole
- Nové oblasti použitia, kde sa nepoužívajú rtg filmy (počítačová tomografia)

Okrem toho sú dôležité aj podmienky za ktorých sa vykonávajú skúšky, aký je vplyv vonkajšieho prostredia. Musí sa brať na zreteľ či ide o:

- Mobilné pracovisko vo vonkajších podmienkach
- Mobilné pracovisko vo výrobných podmienkach
- Pevne zabudované stacionárne pracovisko na kontrolu rozdielných typov súčiastok
- Pevne zabudované stacionárne pracovisko na kontrolu sériových výrobkov pri stabilných klimatických podmienkach.

Existujú systémy ako sú napr. snímacie fosforové pamäťové platne, ktoré sú odolné voči vlhkosti rovnako ako rtg filmy. Ale napr. ploché panelové detektory musia byť chránené voči vlhkosti, špine a môžu byť používané len pri teplote okolia cca v rozsahu 5° až 30° C. Taktiež životnosť týchto digitálnych detektorov závisí od spôsobu používania, veľkosti dávok žiarenia, čo ovplyvní ich očakávaný prínos.

Najmä pri aplikáciách, kde sú normatívne predpisy sa vyžaduje spôsob merania kvality obrazu v porovnaní s klasickou rádiografiou. Existujú však odlišné normy počítačovej rádiografie pri využití snímacích fosforových platní a panelových, či lineárnych detektoroch, či klasických filmoch.

2. Digitálny rádiografický systém

2.1 Digitalizácia filmov

Rtg filmy sú využívané už viac ako 100 rokov. Najdôležitejšou inováciou bolo vyvinutie filmu s obojstranne nanosenou fotocitlivou vrstvou, zosilňovacie fólie a vákuové balenie filmov. Kvalita filmov bola zvyšovaná veľmi rozdielne pre filmy určené pre zdravotníctvo a rozdielne pre NDT aplikácie. Medicínske filmy boli optimalizované pre nízke a stredné hodnoty kvality zobrazenia. Filmy pre ndt aplikácie majú vyššiu kvalitu zobrazenia ale aj 10 – 100 násobne vyššie dávkové zaťaženie pri expozíciách. Pre nároky na vysokú kvalitu zobrazenia sú exponované na úroveň sčernaní 2 až 4 D, čo je dvojnásobne vyššie ako medicínske filmy. Je to z dôvodu, že pre prežarované kritické miesta objektov – odliatkov, zvarov je požadovaná vizualizácia jemných trhlín a zmien hrúbky materiálu. Kvalita vyvolania týchto filmov častokrát ovplyvňuje ich archivačnú stálosť. Problémom je aj archivácia snímok pri veľkom objeme prežarovania. Súčasnosť prináša nový trend archivácie filmov v digitálnej podobe, to znamená skenovanie reálnych filmov a ukladanie snímok v rovnakej kvalite na pamäťové médiá.

Zatriedenie filmových skenovacích systémov pre počítačovú archiváciu obrázkov závisí od vlastností existujúcich filmových skenerov. Súčasné skenery skenujú rádiografické filmy s rozlíšiteľnosťou 50 µm. Predošlé skenery boli limitované maximálnym sčernaním filmov 4.0, pričom citlivosť kontrastu 0.02 nebola garantovaná pri sčernaní v rozsahu 3.5- 4.0 D. Tieto využívali HeNe laserový lúč, ktorý je usmerňovaný pomocou mnohoúhelníkových zrkadiel tak aby preskenoval celý film.

Súčasnú použítie optických F-theta šošoviek umožní sa vyhnúť deformácii/skresleniu obrazu tým, že sa zachová nezmenený laserový lúč a optická vzdialenosť pri všetkých bodoch skenovanej plochy filmu. Proces logaritmického zosilnenia zaručuje vysoký odstup signálu od šumu a to až pri sčernaní do 4.7 D. Filmový skener takto veľmi rýchlo za cca 7-10 sekúnd s vysokou presnosťou zdigitalizuje film o ploche 35 x 43 cm.

2.2 Pracovná stanica

Predtým aby sme mohli popísať detailne digitálne detektory žiarenia, je nevyhnutné sa oboznámiť s najdôležitejšou časťou digitálneho rádiografického systému – počítačovou pracovnou stanicou. Výkon stanice ovplyvňuje inštalovaný software, ktorý ovplyvní úspešnosť a efektívnosť digitálneho systému. Nesmieme zabudnúť aj to, že vývoj digitálnych technológií je orientovaný najmä na oblasti zdravotníckeho priemyslu, čo však pri NDT aplikáciách nie je vždy aplikovateľné. NDT má úplne iné nároky a požiadavky ako medicína.

Hlavné funkcie pracovnej stanice a inštalovaného software sú:

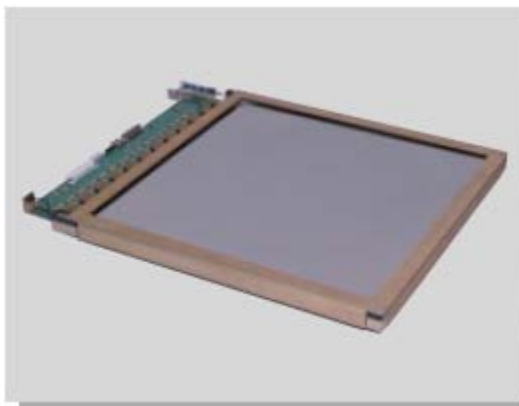
- Riadenie importu digitálnych obrázkov – zo skenera, detektora žiarenia.
- Zobrazenie a analýza digitálnych obrazov - pomocou funkcií riadenia kontrastu, ostrosti, zoomovania, merania rozmerov, hrúbky stien materiálov, výberu detailov ponúka väčšie možnosti ako prehliadanie a hodnotenie rádiogramov na negatoskopoch.
- Správa informácií a dát – tzn. pri zázname konkrétnej prežiarenej snímky je možné evidovať údaje o materiáli, podmienkach prežarovania, časových údajoch a pod. Údaje v databáze sú jedinečne priradené len danému originálu snímky a neumožňujú jeho dodatočnú úpravu.
- Riadenie výstupu údajov – vo forme výstupných protokolov, záznamu na pamäťové médiá CD, DVD a iné, resp. prenos po externej alebo internej sieti LAN.
- Vysokorozlíšiteľný monitor alebo display, aby sa pri hodnotení vplyvom nekvalitnej obrazovky neovplyvnila celková rozlíšiteľnosť a ostrosť obrazu.

2.3 Digitálne detektory žiarenia

Je niekoľko odlišných typov detektorov ionizačného žiarenia, s rozdielnymi vlastnosťami, vhodnosťou použitia. Ako príklad uvádzame len tie, ktoré sa používajú najmä v ndt aplikáciách.

Amorfné Selénové ploché panely

Panely používajú vrstvu amorfného selénu na ploche tenkých filmových tranzistorov (TFT) ktoré majú zachytiť a previesť rtg žiarenie priamo do formy digitálneho signálu bez použitia scintilátorov alebo fosforu. Kvalita týchto detektorov sa však približuje len kvalite rtg filmov so strednou zrnitosťou. Ich obmedzením je aj to, že sa predpokladá ich použitie v teplotnom rozsahu od 5°C do 30 °C, inak sa poškodí vrstva Selénu. Ich citlivosť je iba do 180 kV, pri vyšších napätiach sa prejavuje efekt tieňov.



Obr. 1 – Selénový plochý detektor GR 17 s rozmermi 43 x 43 cm

Amorfné kremíkové ploché panely

Amorfné kremíkové ploché panely (aSi) používajú scintilátory pozostávajúce z Céziium-Jodidu alebo Gadolínium Oxisulfidu, ktorý prevádza prejdeň žiarenie na viditeľné svetlo. Svetlo je potom premenené na elektrické pulzy pomocou plošných amorfných kremíkových panelov. Tieto detektory majú vyššiu úroveň šumu a preto sú používané pre reálnu rádiografiu. Tu sa dá použiť vhodné filtrovanie, softvérové zlepšenie rozlíšiteľnosti aby sa tým zvýšila kvalita zobrazenia. Opäť sú ale citlivé voči vonkajším podmienkam prežarovania, čo ich predurčuje na niektoré aplikácie.

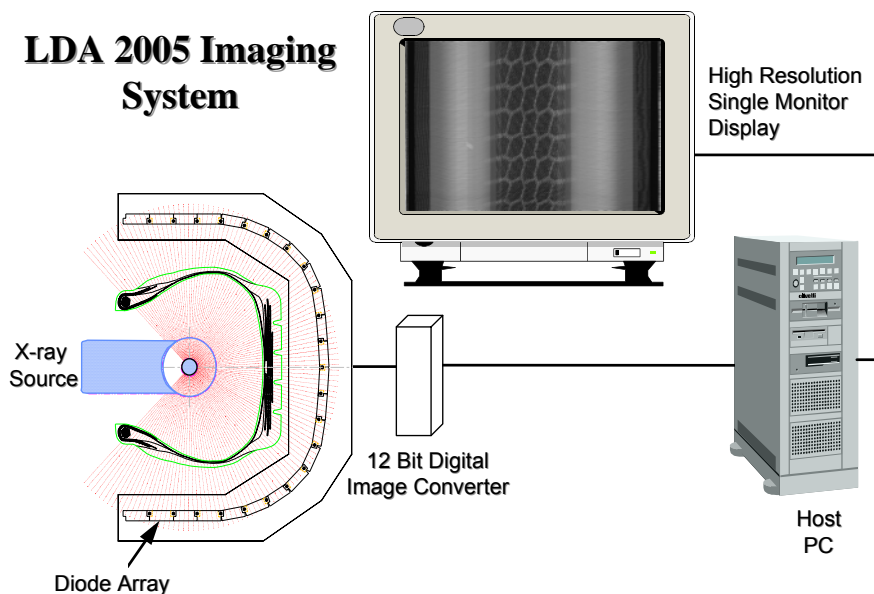
Aj napriek niektorým nesporným výhodám týchto plošných panelových detektorov, realita pri používaní v ndt aplikáciách je taká, že ich životnosť nespĺňa očakávania. V závislosti na cykle použitia, radiačnej dávke je dosť krátka. Pri statických záznamoch alebo pri on-line kontrolách sú poznatky že detektory sa vymieňajú po 10-12 mesiacoch. Veľký problém sú aj objavujúce sa mŕtve pixely, prejavujúce sa na obraze ako čierne bodky. Software ich môže eliminovať ale pre reálny obraz sú stále chyba, ktorá je nahradená nepravým bodom.



Obr.2 - Amorfný kremíkový (aSi) ploché detektor - PaxScan 2520 firmy Varian

Polia digitálnych detektorov

Plošné panely nazvané taktiež polia alebo zoskupenia digitálnych detektorov / DDA/ sa môžu používať ako alternatíva predchádzajúcich dvoch uvádzaných detektorov. Pracujú na báze polí kremíkových detektorov s veľmi tenkou vrstvou tranzistorov a fotodiód ako detektorov svetla. Fungujú ako priamy prevádzač prešlého žiarenia na viditeľné svetlo. Priamy prevod je charakteristický vysokou rozlíšiteľnosťou. V krátkom období sa stali čiastočnou náhradou filmovej rádiografie, či rádioskopických systémov a otvorili veľa možností pre počítačovú tomografiu (CT). Umožňujú rýchlu a cenovo efektívnu kontrolu pri aplikáciách kontrol v rtg prežarovacích kabínach, kde sú zaručené stabilné podmienky, nie je vlhkosť a je zaručená stabilná teplota. Majú veľký dynamický rozsah cca 64000 úrovní šedosti. Pri ich použití je možné použiť vysoký prežarovací výkon a tým sa redukuje čas prežarovania. Ich nevýhodou je, že fotodiódy časom degradujú, čiže menia svoje vlastnosti – skresľujú obraz. Je treba používať špeciálne procedúry a mierky na ich nastavenie, tak aby citlivosť bola plošne rovnaká a každý jednotlivý detektor vytváral obraz zodpovedajúci skutočnosti. Často sa u nich prejavuje chyba oneskorenia signálu od jednotlivého detektora a tým akoby vytváral pseudoštruktúru obrazu.



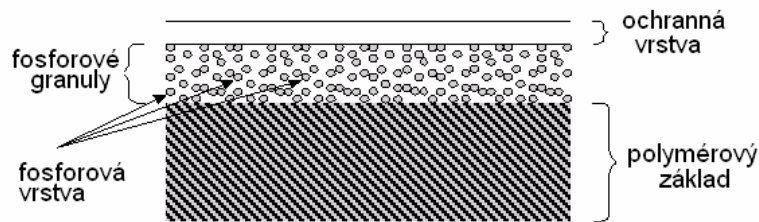
Obr.3 – Lineárny diódový detektor LDA 2005 pre skenovanie pneumatiky osobných vozidiel

Najmä lineárne digitálne detektory /2-priestorové/ sú v poslednom období používané ako dostatočná náhrada filmov aj pri mobilnej rádiografii. Vysoko rozlíšiteľný líniový detektor a následná integrácia obrazu sa uplatňujú aj pri kontrole zvarov a odliatkov. Dokážu totiž dodatočne určiť hĺbku a tvar trhlin, ktoré nebolo možné odhaliť klasickou rádiografiou. Pri mobilných systémoch sú však obmedzené nevyhnutným elektrickým napájaním.

Systémy ohybných pamäťových snímacích platní (IP platne)

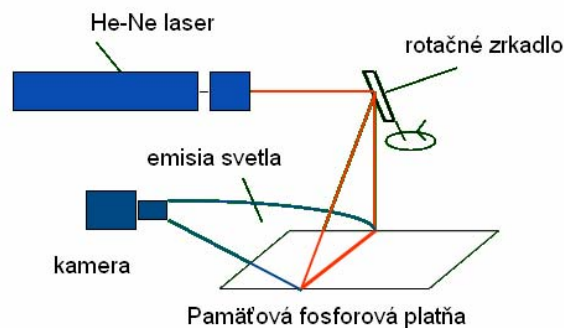
Začali sa používať v NDT aplikáciách už pred 10 rokmi. Sú rovnako používané ako rtg filmy ale následne sú už skenované laserovým lúčom aby sa dosiahol digitálny rádiogram.

Počítačová rádiografia používa niekoľko násobne použiteľné snímacie platne. Tieto platne obsahujú vrstvu fosforu s pamäťovým efektom na záznam obrazu. IP platňa pozostáva z ohybnej polymérovej fólie na ktorej je citlivá vrstva. Na jej povrchu je priehľadná ochranná vrstva. Citlivá vrstva u väčšiny systémov je zo zmesi BaFBr obohatenej Eu²⁺.



Obr. 4 – Schématické zloženie IP platne

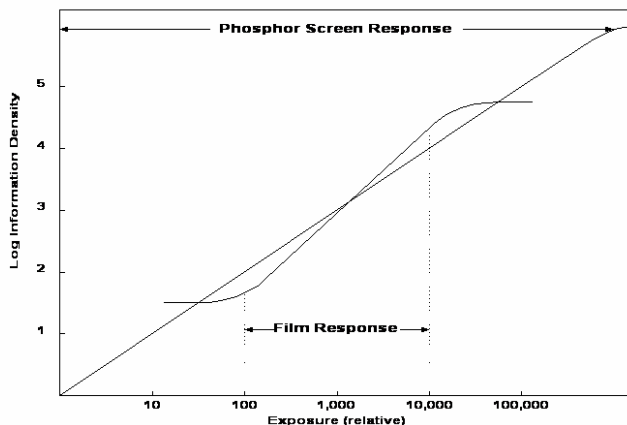
Ak je táto platňa vystavená ionizačnému žiareniu, elektróny vo vnútri fosforových sa dostanú do vzbuđeného stavu a sú v polo stabilnej polohe na vysokej energetickej hladine. Platňa je potom skenovaná laserovým lúčom. Energia laserového lúča uvoľní uväznené elektróny z príslušných energetickej hladín, pričom sa uvoľnia fotóny (modré svetlo vlnovej dĺžky 390nm) . Tento proces je nazvaná ako fotoluminiscencia. Toto svetlo je zachytené a prevedené do bit formy digitálneho obrazu.



Obr.5 – Funkčné zobrazenie laserového skenera pre IP platne

Základné vlastnosti:

- pamäťový efekt fosforu na snímacej platni má extrémne široký dynamický rozsah, čo pri nich umožňuje použiť rôzne expozičné podmienky a viac stupňov voľnosti pri výbere expozičnej dávky.
- Veľká expozičná odolnosť snímacích platní umožňuje v mnohých prípadoch zobrazenie diagnostických informácií len pri jednej expozícii. Ich citlivosť je cca 10 násobne vyššia ako súčasne používané rtg filmy. To je cesta ako sa znižuje expozičná dávka a expozičný čas.
- Snímacie platne sú na povrchu chránené odolnou vrstvou, vytvrdenou elektrónovým lúčom. Táto chráni fosforovú vrstvu pred stlačením a namáhaním pri ohyboch.
- Pre súčasné úspechy dosiahnuté v počítačovej rádiografii sú používané pri mamografických, ale našli aj uplatnenie v NDT. Dosiaľ sa obrazová kvalita digitálnych systémov porovnávala s kvalitou zobrazenia filmov D7 a D8, a tá súčasná už dosahuje kvalitu porovnateľnú s filmami D4 a D5.

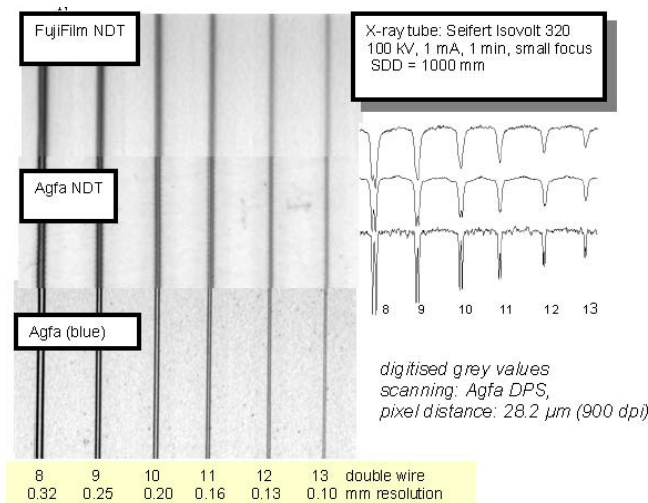


Obr. 6 – Porovnanie dynamického rozsahu rtg filmov a IP platní

Snímacie platne (ozn.IP) sú čítané laserovými skenermi aby sa načítal digitálny obraz bez procesu vyvolávania v tmavej komore. Po zmazaní obrazu výrazným svetelným zdrojom môže byť každá platňa použitá opätovne na prežarovanie a to viac než 1000 krát.

Používané IP platne odlišia radiačné dávky až do 10^5 čo ich určuje na použitie pri prežarovaní objektov aj veľkou hrúbkou a veľkými rozdielmi v hrúbke. Nie je u nich tak presne kalkulovať expozičný čas, môže byť ďaleko kratší, nakoľko dosiahnutý záznam má ďaleko viac úrovní šedosti ako rozlíši ľudské oko pri klasickom rtg filme.

Ako príklad použitia IP platní môže slúžiť porovnanie typov rádiogramov z IP platní, pri expozícii do 220 kV a kde bol použitý bol skener AGFA DPS, veľkosť rozlíšenia pixelov od 28 μm ; laser lúč cca 40 μm . V prvom prípade FUJIFILM IP (ST-VN) bol optimalizovaný skener na veľkosť pixelov 100 μm . Platňa Agfa NDT bola vyvinutá pre 50 μm skener a IP platňa označená "AGFA blue" pre aplikácie s vysokým rozlíšením.



Obr.7 - Počítačové rádiogramy a profily získané od 3 rôznych typov IP platní a vysoko rozlíšiteľného skenera na drôtikových mierkach podľa ASTM E2002 a EN 462-5. Úroveň rozlíšenie na rádiogramoch mierok sa mení od rádiogramu FujiFilm NDT s 250 μm cez hodnoty získané z platne Agfa NDT s 160 μm po IP platňu Agfa blue s 100 μm .

Súčasný vývoj v technike IP platní umožňuje dosiahnuť pri skenovaní rozlíšenie až 30 μm ak sa použijú zodpovedajúce snímacie platne s požadovaným rozlíšením. Začiatkom roka GEIT priniesol na trh nové typy snímacích platní –IPC2, určené pre nízke hodnoty expozičného času a nízke hodnoty prežarovacieho napätia a platne s označením IPS vhodné pre skúšanie zvarov.



Obr.8 – Skenery firmy GEIT CR100 a CR Tower

Snímacie platne môžu byť vkladané do plochých robustných kaziet, ktoré sa môžu priamo so snímacou platňou vkladať do skenera. Tieto kazety môžu byť vybavené programovateľným čipom, pomocou ktorého sa pri skenovaní priradia všetky nevyhnutné údaje, napr. podmienky prežarovania, miesto, dátum, operátor a pod. k archivovanej snímke.

Čo sa týka súčasných noriem pre digitálnu a počítačovú rádiografiu (EN 14784-1, ASTM: Z7024Z), tie predpisujú minimálnu úroveň odstupu signálu od šumu- SNR_N . Meraná úroveň SNR_{meas} musí vyhovovať vzťahu:

$$SNR_N = SNR_{meas} \cdot 88,6 \mu\text{m}/2$$

SR_b – základná úroveň rozlíšenia (v μm), ktorá zodpovedá efektívnej veľkosti pixelu (štvorcová plocha pixelu). Na jej meranie sa v normách doručuje metóda prežiarovania mierok s dvojitým drôtikom pre jej jednoduchosť (EN 462-5, E 2002). Tieto normy určujú aj celkovú hodnotu neostrosti (u_T) v μm ktorá je ekvivalentom celkového rozlíšenia. Základná úroveň rozlíšenia je vypočítaná ako:

$$SR_b = u_T / 2$$

Európske normy EN 444, EN 1435 a EN 12681-5 popisujú závislosť:

1. *Minimálna geometrická neostrosť závisí od prežarovanej hrúbky a požiadavky stupňa prežarovania*
2. *Filmové systémy medzi C3 a C5 ($SNR_N \geq 120 \dots 180$ pri $D=2$) závisia od prežarovanej hrúbky energie žiarenia a stupňa prežarovania*

Tabuľka 1 - uvádza návrh hodnôt rozlíšenia IP platní (v μm) pre triedy prežarovania A a B v závislosti od prežarovanej energie a prežarovanej hrúbky w (v mm):

Radiation source	Wall thickness w [mm]	Class IPA		Class IPB	
		Max. Pixel ¹⁾ Size [μm]	Double wire IQI-number ²⁾	Max. Pixel ¹⁾ size [μm]	Double wire IQI-number ²⁾
X-ray Up \leq 50 kV	w < 4	40	> 13 ³⁾	30	>> 13 ⁴⁾
	4 \leq w	60	13	40	> 13 ³⁾
X-ray 50 < Up \leq 150 kV	w < 4	60	13	30	>> 13 ⁴⁾
	4 \leq w < 12	70	12	40	> 13 ³⁾
	w \geq 12	85	11	60	13
X-ray 150 < Up \leq 250 kV	w < 4	60	13	30	>> 13 ⁴⁾
	4 \leq w < 12	70	12	40	> 13 ³⁾
	w \geq 12	85	11	60	13
X-ray 250 < Up \leq 350 kV	12 \leq w < 50	110	10	70	12
	w \geq 50	125	9	110	10
X-ray 350 < Up < 450 kV	w < 50	125	9	85	11
	w \geq 50	160	8	110	10
Yb 169, Tm 170		85	11	60	13
Se 75, Ir 192	w < 40	160	8	110	10
	w \geq 40	200	7	125	9
Co 60		250	6	200	7
X-ray Up > 1MeV		250	6	200	7

Tabuľka 2 - Sumarizácia výhod a nevýhod používania pamäťových fosforových IP platní:

Výhody použitia snímacích platní	Nevýhody použitia snímacích platní
Vysoká linearita	Niektoré systémy majú nízke priestorové rozlíšenie.
Vysoký dynamický rozsah > 10 ⁵	Vysoká citlivosť na nízke energie
Vysoká citlivosť	Citlivé na rozptýlené žiarenie
1000 násobné opakovanie expozícií	
Nie je nutná tmavá komora	
Následné spracovanie obrazu	

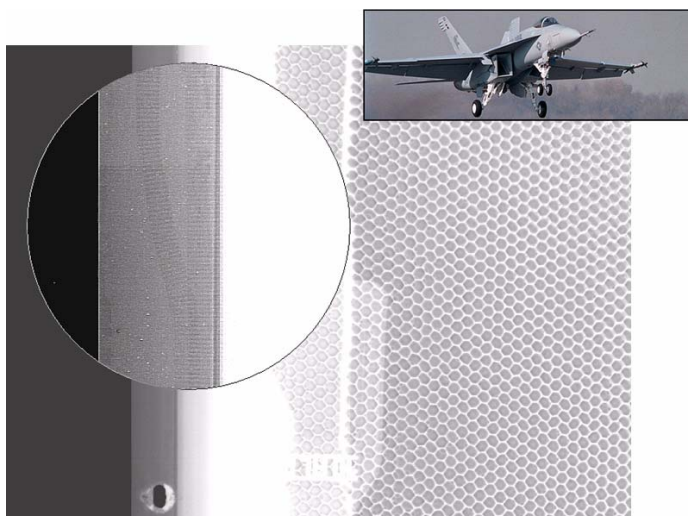
Tabuľka 3 - Porovnanie vlastností IP platní a plošných panelových detektorov:

	IP platne	Plošné panelové detektory
Spracovanie	IP platňa sa používa ako rtg filmy. Vložia sa do kaziet, exponujú sa vložia do skenovacieho zariadenia aby sa získal obraz spracovaný programom v PC. Vyžaduje to určitý čas. Platňa je následne zmazaná a pripravená na následné použitie	Obraz pri expozícii je ihneď prenášaný do PC na spracovanie a vyhodnotenie v reálnom čase
Manipulácia	IP platne v kazetách sú prenosné, môžu byť v pevných alebo ohybných kazetách. Čítacie a skenovacie zariadenie nie je prenosné.	Detektor je prenosný a taktiež aj pracovná stanica. Nie je flexibilný.
Rozlíšenie	Súčasná maximum rozlíšenia je 30 μm . pre vyššie rozlíšenie sa vyžaduje vyšší expozičný čas a čas potrebný na skenovanie. Pri rozlíšení 100 μm je skenovanie od 1 do 5 min a mazanie vyžaduje cca 1-2 minúty.	Ploché panelové detektory majú rozlíšenie cca 20 -100 μm . Obrázok sa získa do 12 s a nie je nutné žiadne mazanie.
Rýchlosť spracovania	Vyžadujú určitý postup ale celkový čas spracovania do obdržania snímku je 2-10 min. v závislosti od prežarovanej súčiastky	Záznam za niekoľko sekúnd.

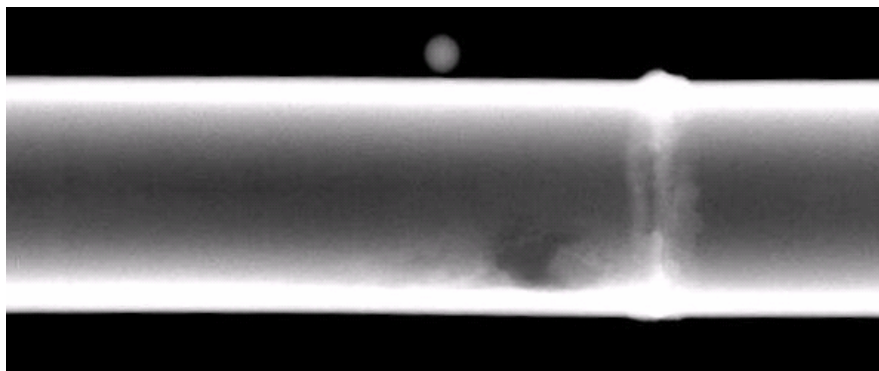
Typ použitia	Použitie v tých procedúrach ako sú určené pre klasické filmy – manuálnu kontrolu. Rozmery sa môže prispôsobiť tvaru a veľkosti objektu	Určené pre kontinuálnu kontrolu, automatizované procesy a automatické hodnotenie chýb. Veľkosť snímačovej plochy často limituje spôsob prežarovania a čas kontroly veľkých objektov
Cenové náklady	Dodávka systému obsahuje Pracovnú stanicu PC, monitor, software, kazety IP platne. Orientačná cena je do cca 100.000 EUR. Spotrebný tovar- cena jednej IP platne sa pohybuje v rozmedzí 350 – 1500 EUR v závislosti od veľkosti a citlivosti, ale je na použitie minimálne 1000x	Systém obsahuje panelový detektor, kábel, PC, monitor, a software. Cena sa môže pohybovať v rozmedzí 80 – 100 EUR. Nie je nutné obnovovať detektor ak nie je poškodený

Podľa skúseností pri ručných kontrolách sa dosahuje úspora času pri prežarovaní na snímacie pamäťové fosforové platne a následnom spracovaní a vyhodnocovaní oproti klasickej filmovej technike až o 25% a cca o 5% pri sériovej kontrole odliatkov alebo zvarov.

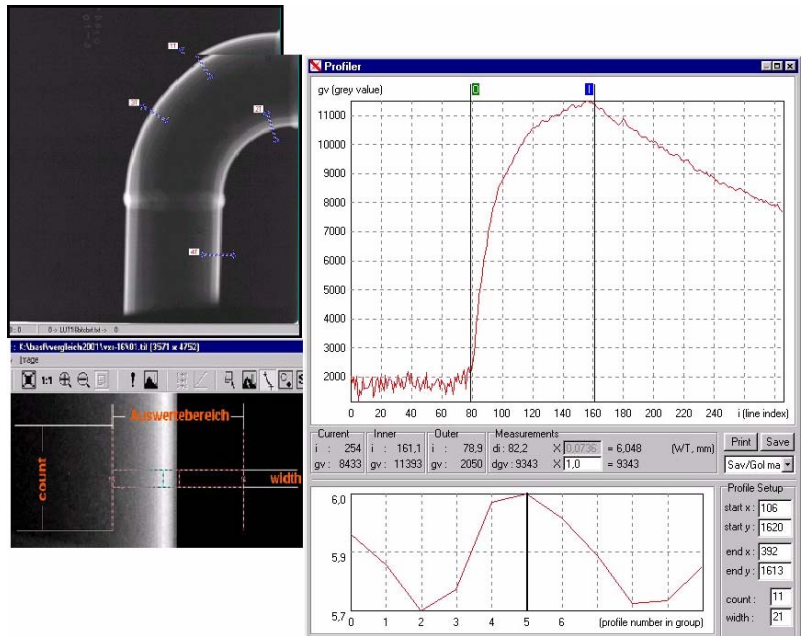
3. Prektické ukážky záznamov



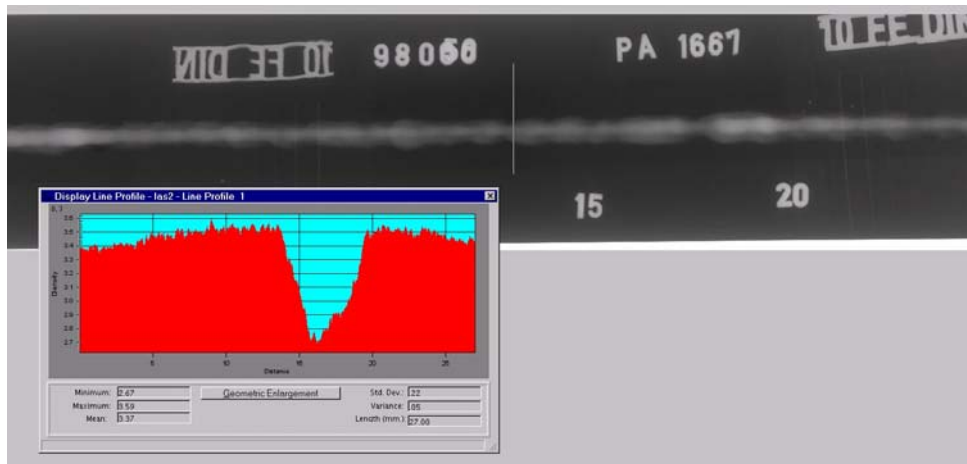
Obr. 9 – Skenovanie časti konštrukcie lietadla a detail na IP platni s rozlíšením 80 μm



Obr. 10 – Prežiarenie zvarovej trubky a záznam na IP platni s rozlíšením 100 μm , pre odhalenie vnútornej korózie



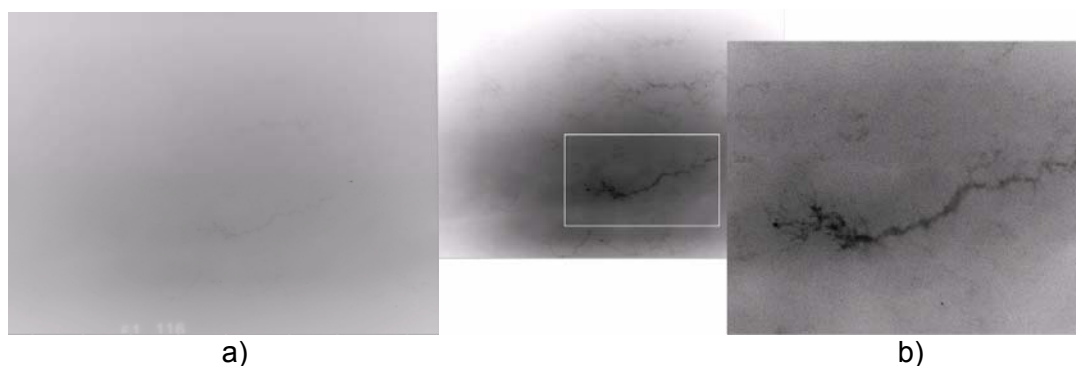
Obr. 11 – Záznam na IP platni s rozlišením 50 μm , určenie hrúbky stien potrubia pomocou funkcie programu a merania úrovni sčernania



Obr. 12 – Záznam na IP platni s rozlišením 50 μm a následné meranie profilu sčernania



Obr. 13 – Záznam na IP platni s rozlíšením 100 μm a na odliatku, následné meranie vnútorných rozmerov častí dielov



Obr.14 - Záznam trhliny v odliatku pomocou IP platne,
a) reálny záznam – zoskenovaný a nespracovaný, b) programovo spracovaný záznam s detailom

Záver

Nové digitálne detektory (snímacie platne, ploché panelové detektora a líniové detektory) sú vhodné pre náhradu klasických rtg filmov. Ale najmä ohybné IP platne sú vynikajúcim prostriedkom pre digitálnu rádiografiu, pretože sú vhodné tak pre mobilné ako stacionárne pracoviská, na použitie v sťažených podmienkach, pretože nemajú obmedzenia pre použitie prežarovacej energie a dávky žiarenia, odolávajú vonkajším poveternostným vplyvom. Vývoj vo výpočtovej technike a príslušného software dáva tušiť, že aj cenové relácie týchto systémov sa zakrátko výrazne znížia a umožnia použitie aj menším užívateľom.

Použitá literatura:

- [1] Ewert, U. , Stade, J., Zscherpel, U., Kaling, M., Materialprüfung, 37, 1995, pp. 474-478.
- [2] Ewert, U., Zscherpel, U., Proceedings of the NAARRI International Conference on Applications of Radioisotopes and Radiation Technology in the 21st Century, pp. 1-17, Bombay, India, 12.-14.12.2001.
- [3] Redmer, B., Robbel, J., Ewert, U., Vengrinovich, V., Insight, 44, No. 9, September 2002, S. 564-567.
- [4] FILM REPLACEMENT BY DIGITAL X-RAY DETECTORS - THE CORRECT PROCEDURE AND EQUIPMENT , J., Ewert, U. Zscherpel,K. Bavendiek

