



Tiskárny pro digitální fotografii

Vítězslav Otruba

Technologie

Pro fotografickou kvalitu tisku jsou k dispozici následující technologie:

- Klasický fotografický materiál s digitálním osvitem
- Sublimační tiskárny
- Inkoustové tiskárny s kapalným nebo tuhým (voskovým) inkoustem
- Tepelný tisk
- Laserové tiskárny

Fotoprint

- **FotoPrint** vychází z technologických postupů klasické fotografie a výsledek je jí také nejbližší. Výtisk je svícen na "fotocitlivý" papír.
- Základem stroje je technologie FOCRT (**Fiber Optic CRT**). Digitální data jsou zobrazována na vestavěné FOCRT obrazovce, která produkuje světelný obraz. Tím je exponován "fotocitlivý" materiál. Po expozici je snímek okamžitě vyvolán ve stroji klasickou chemickou cestou (RA4)
- Výhodou je, že stroj pracuje stejně jako digitální fotoaparáty v barevném systému RGB. je k dispozici plná barevná škála RGB.
- Další variantou je expozice fotocitlivého materiálu lasery v barvách RGB.

Inkoustový tisk

- Postup tisku je jednoduchý. Inkoust je tiskovou hlavou stříkán na papír, na němž zasychá a vytváří tištěný motiv. Tiskárny dokáží umístit na papír více než 3000 bodů na jeden palec v lince. Objem kapek je v řádu pikolitrů. Tisková hlava se pohybuje horizontálně, s vysokou přesností. Stejně přesné musí být i podávání papíru.
- Barvy se skládají vždy ze základních barev, které jsou tištěny samostatně. Tisková hlava obsahuje separátní trysky, a to pro každou jednotlivou barvu. Nejčastěji jde o čtyři barvy systému CMYK. Pomocí rastru se z nich skládají všechny další barvy, jež tiskárna není schopna tisknout přímo. Pro lepší a bohatší podání barev se používají i systémy s šesti či více barvami, čímž se rozšiřuje "tisknutelné" spektrum barev.
- Kvalita tisku velmi závisí na typu tiskárny a na použitém spotřebním materiálu. Při použití speciálních papírů, inkoustů a vhodné tiskárny lze dosáhnout fotografické kvality. Tisk je velmi ostrý a přesný.

Sublimační tisk

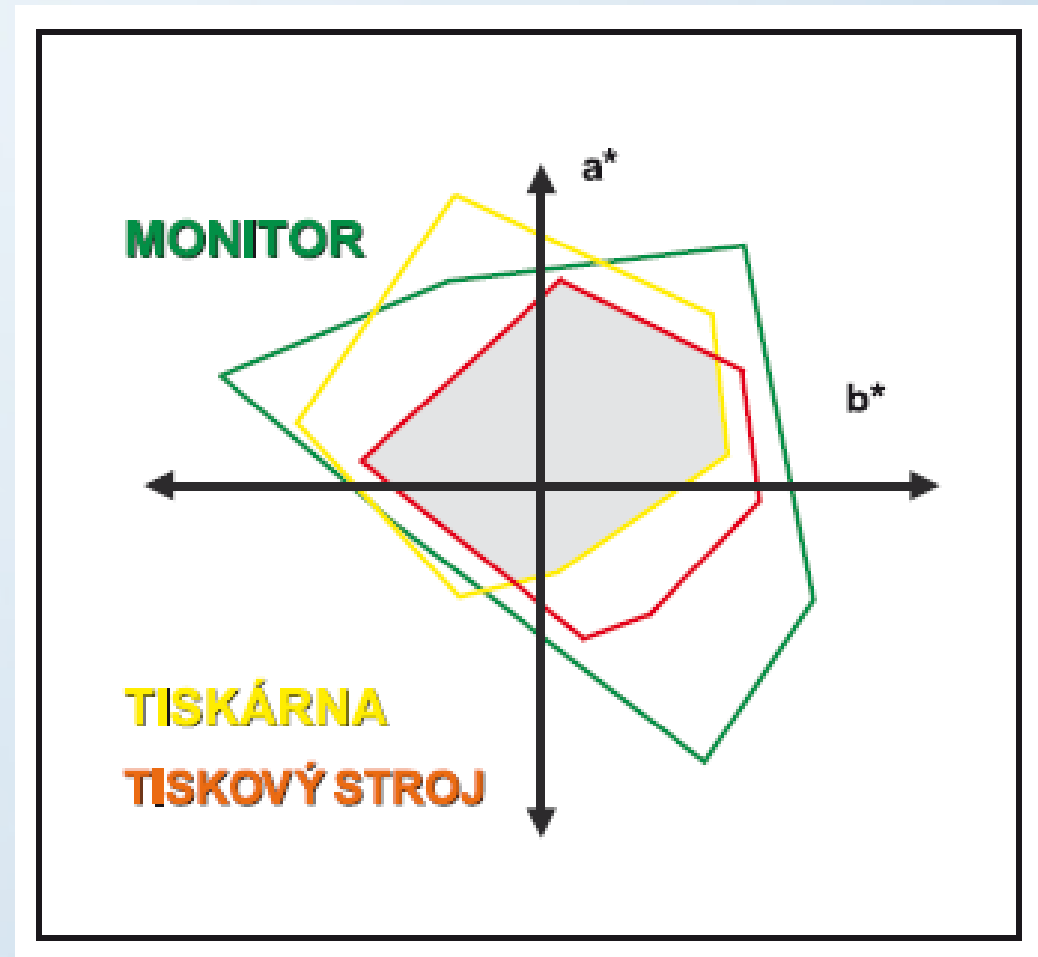
- Sublimační tisk je jedna z nejlepších voleb pro zpracování digitálních dat. Jde však o nákladnou technologii- výtisk A3 se pohybuje kolem 500 Kč.
- Tiskové barvy jsou fixovány na přenosové fólii. Fólie je široká jako médium a obsahuje pole barev maximální délky. Fólie je tažena pod tiskovou hlavou, obsahující jednotlivé tiskové elementy v lince. Ty generují bodové teplo, způsobující odpařování barvy z přenosové fólie. Barva, jenž je v plynném skupenství, po kontaktu s médiem zpětně mění skupenství na pevné a ulpívá. Rozlišení tiskáren je většinou v rozsahu 150 - 300. Tím, že technologie obsahuje plynnou fázi, dochází k plynulému spojování tiskových bodů a nevzniká tak tiskový bod. Díky tomu je subjektivní vjem u sublimačního tisku velmi příjemný.
- Barvy jsou tištěny v systému CMY nebo CMYK. Každá základní barva je na povrch stránky tištěna samostatně. Papír projde tiskárnou minimálně třikrát či čtyřikrát. Někdy je používána místo čtvrté barvy "finišovací" fólie.

Laserový tisk

- Barevný laserový tisk se v poslední době stává konkurence schopným. Tiskárny určené pro tisk barevných polotónových obrazů se pohybují ve vyšších cenových kategoriích.
- Princip tisku je shodný jako u černobílých laserových tiskáren. Pomocí laserového paprsku se vytváří náboj na válci. Na ten ve vybraných plochách přilne prášková barva, která se přenáší na papír, na němž se zapeče a tím fixuje k médiu. Současné laserové tiskárny dosahují rozlišení až 1 200 dpi, takže nabízejí brilantně ostrý tisk. Tisknout se může na jakékoli médium, pokud je **dostatečně tepelně odolné**.
- Barvy jsou tištěny v systému CMYK. Každá základní barva je tištěna samostatně a jejich skládáním do tiskového rastru se pak vytvářejí ostatní barvy. Tiskárna tedy není schopna tisknout všechny barvy spektra, ale pomocí jemného rastru je simuluje.

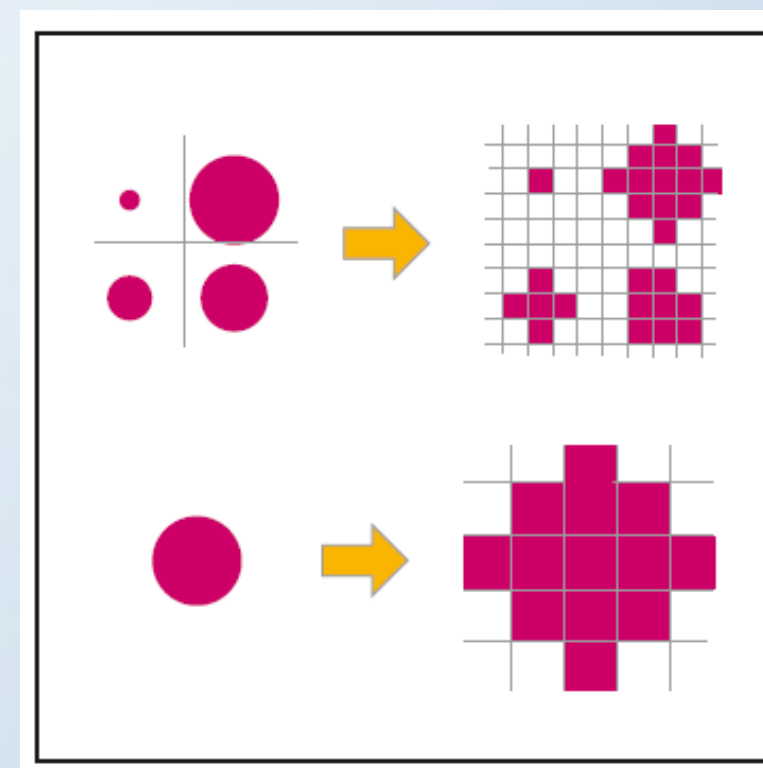
Rozdíly v zobrazení mezi monitorem a tiskárnou

- Gamuty jsou rozdílné nejen mezi monitorem a tiskárnou, což je dáno již fyzikální podstatou jednotlivých periférií, monitory jsou zdrojem světla a používají aditivní barevný model (RGB) tiskárny využívají ke vzniku barevného vjemu světlo odražené od papíru a používají subtraktivní model (CMYK), ale i mezi jednotlivými monitory či tiskárnami.
- Schéma barev, které jsou jednotlivé periferie schopny zobrazit. Šedá plocha zobrazuje barvy, které je možné vidět stejně na monitoru i stejně tisknout



Autotypické rastrování

- digitální tisk vytváří obrazy tiskem jemných barevných bodů z nichž se ve výsledku složí finální obraz. Barevné tiskárny používají subtraktivní barvy. Mimo základních barev vytváří tiskárny další barvy tzv. polotónováním (rastrováním).
- Pro tisk např. fialové používá tiskárna kombinaci tisku purpurových a azurových bodů na velmi malé ploše.
- Pro tisk světlých odstínů se používá míchání s bílou (papír), tedy určité body se ponechávají nepotisknuté
- Pro tisk různých odstínů se musí použít algoritmus rastrování a to na větší ploše, než je jeden tiskový bod

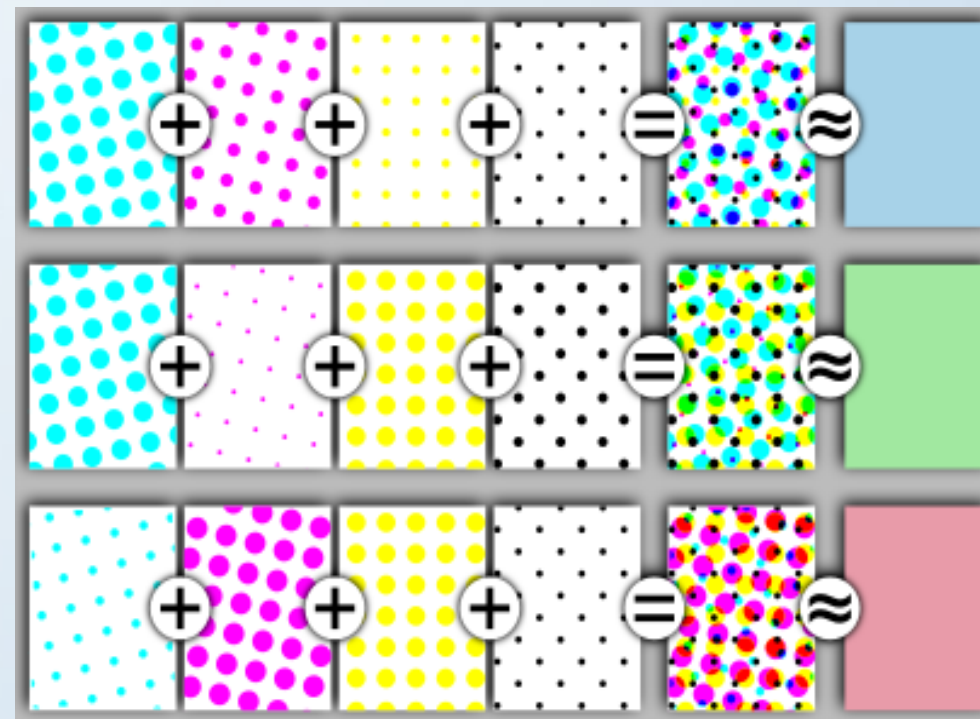
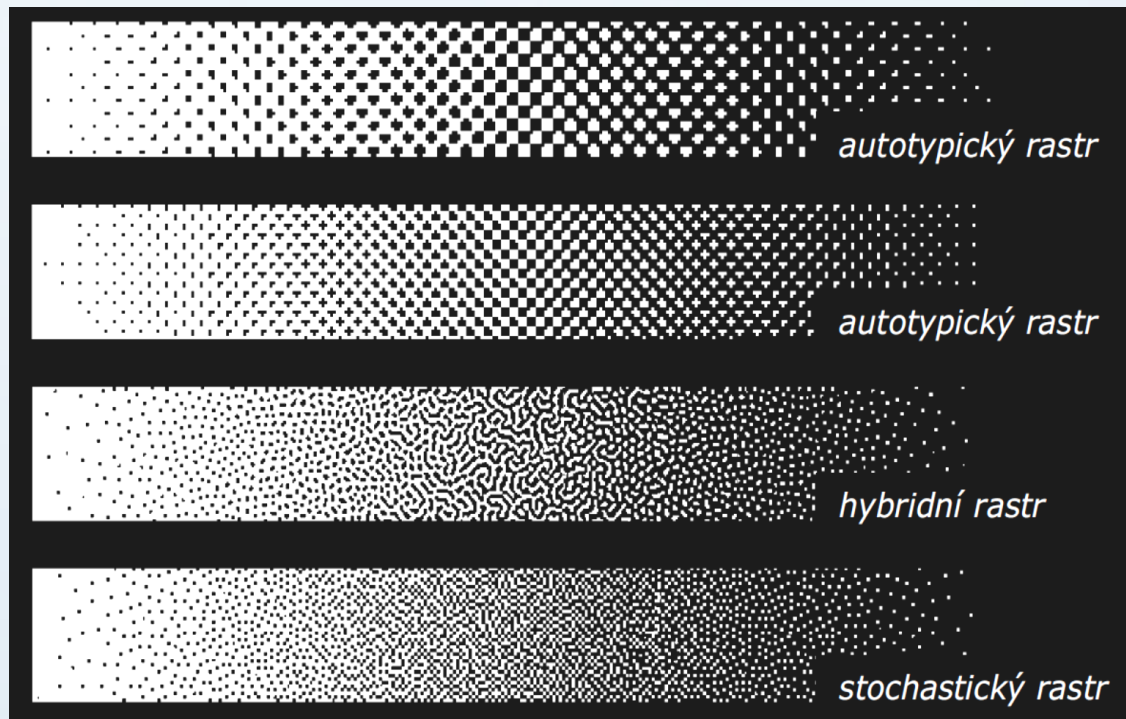


Frekvenční rastrování

- Rastrování kmitočtovou modulací (FM), rovněž nazývané stochastické, vyjadřuje různé odstíny odrazu regulací počtu bodů v každé ploše - více bodů vytváří tmavší plochu, méně bodů světlejší.
- Rastrování FM má proti tradičnímu rastrování několik výhod.
 - Protože zde neexistuje žádný pravidelný vzor, nemůže docházet k moaré.
 - FM rastrování rovněž používá menší body, takže vytištěné obrazy mohou zobrazovat více detailů a jemné gradace barvy.
- Mezi nevýhody tohoto rastrování patří
 - plné barvy vypadají skvrnitě
 - text a vektorová grafika vypadají neostré tam, kde překrývají solidní plochy rastrované barvy.

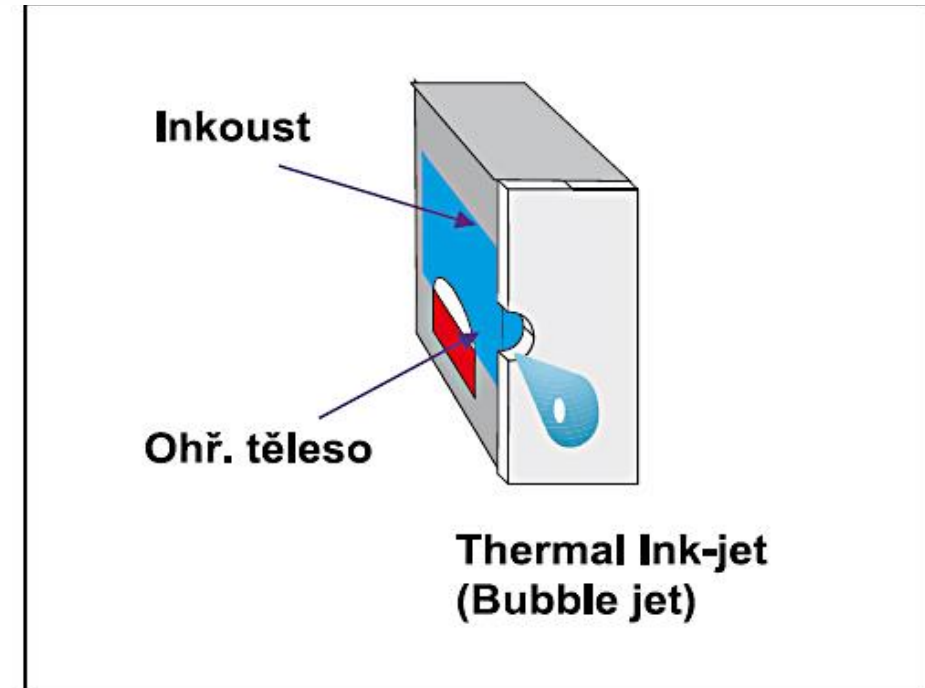
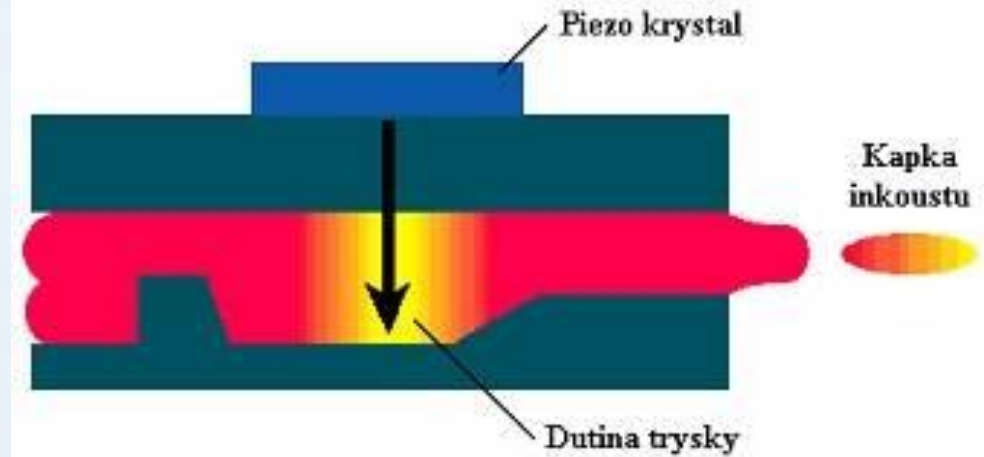


Tisk



Ink-jet

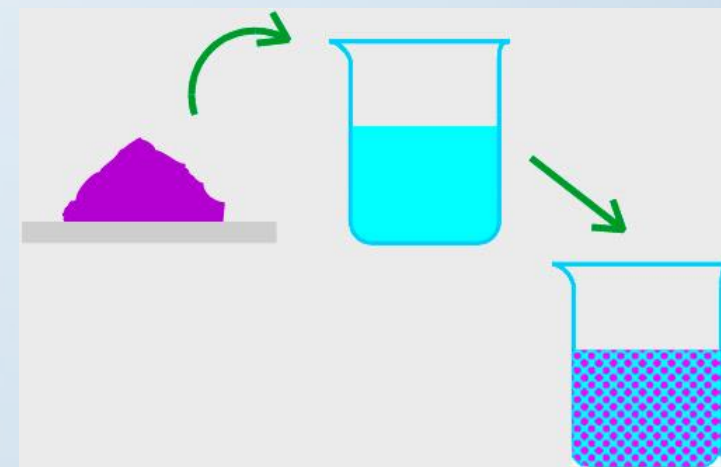
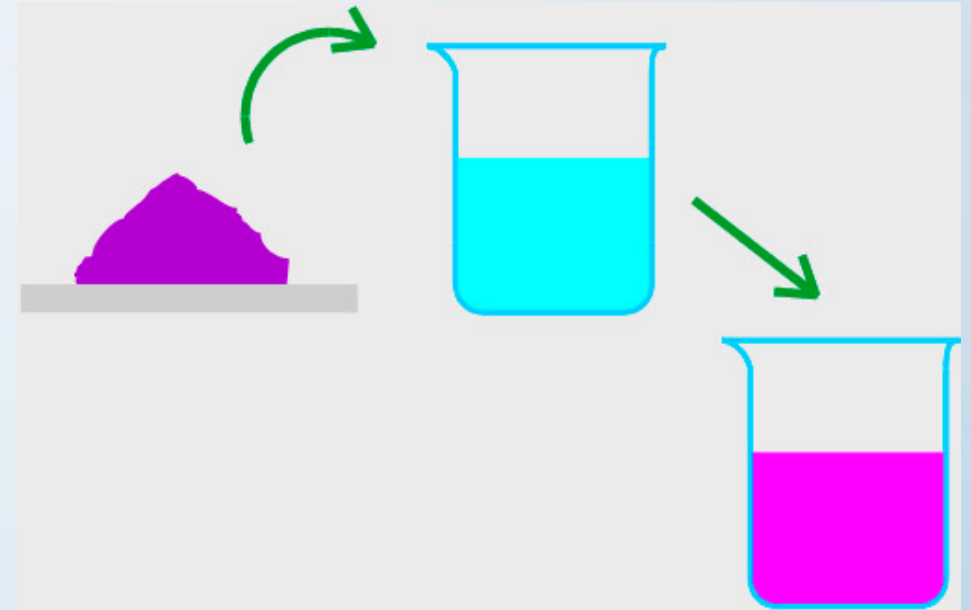
- nabízí levné tiskárny, kde je možné tisknout kvalitní text a dobrou kvalitu barevného tisku především na malých plochách, a to vše za rozumnou cenu. Kapičky inkoustu jsou stříkány na papír a to buď bublinkovou technologií (bubble-jet) nebo piezoelektrickou.
- **Výhody ink-jet:**
 - Nízké pořizovací náklady
 - Dobrá kvalita tisku na speciální papír
 - Výborná kvalita při tisku monochromatického textu
 - Rychlý tisk v monochromatickém režimu
- **Nevýhody ink-jet:**
 - Cena za tisk stránky výrazně stoupá s jejím pokrytím
 - Pomalý tisk v barvě
 - Vyžaduje speciální papír pro dosažení dobré kvality tisku



Schema tiskové hlavy používané u inkoustové technologie tisku.

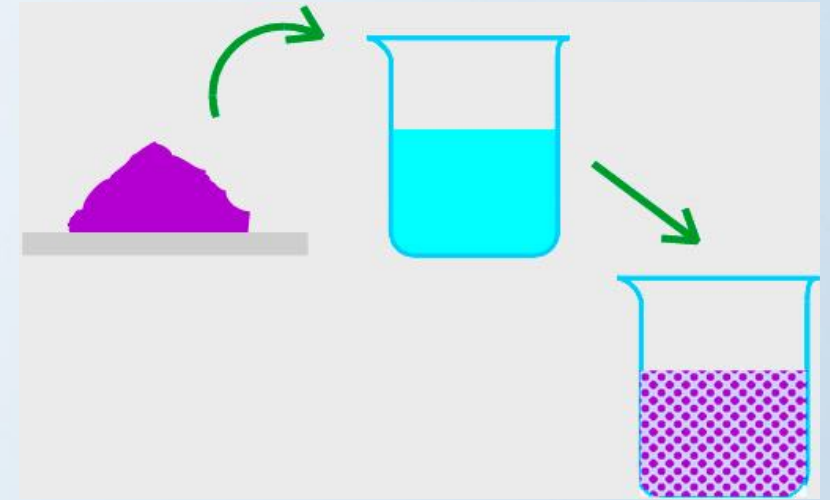
Inkousty

- **dye-based** inkousty, používají jako barvosložku rozpustná barviva. Barviva použitá pro přípravu inkoustů se vyznačují vysokou čistotou a brilantností barev, a proto se inkoustové sady založené na dye-based inkoustech obecně vyznačují velkým barevným gamutem. Tyto inkousty jsou schopny pronikat hluboko do přijímacích vrstev potištěných médií, včetně lesklých fotopapírů s přijímací vrstvou založenou na hydrofilních polymerech, a nemají tak tendenci tvořit rušivé povrchové artefakty.
- **pigment-based** inkousty, používají jako barvosložku složky výhradně nerozpustné pigmenty. Mikroskopické částičky nerozpustného pigmentu jsou rozptýleny v rozpouštědle a stabilizovány proti sedimentaci a koagulaci. Pigmenty použité v těchto inkoustech mají obecně nižší barevnou sytost, a proto inkoustové sady na nich založené mívají menší barevný gamut. Díky mikroskopickým rozměrům pigmentových částic jsou pigmentové inkousty schopné pronikat hlouběji pouze do porézních a mikroporézních tiskových médií. Pigmenty se však vyznačují vysokou světlostostí, která je předurčuje pro archivní tisky.

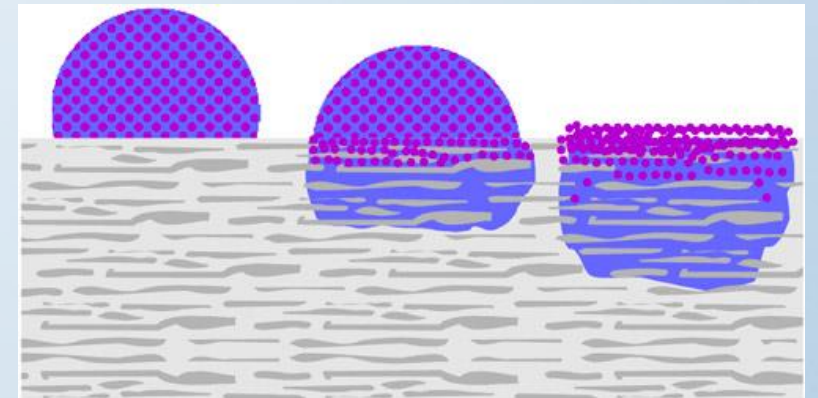


Pigmentované inkousty

- **pigmented inks** představují výsledek snahy eliminovat nevýhody obou výše popsaných typů inkoustů pomocí jejich kombinace. V praxi však spíše než potlačení nevýhod jednotlivých přispívajících složek pozorujeme vznik nových problémů, např. tzv. chromatografickou separaci: Pokud inkoust obsahující pigment i barvivo zároveň interaguje s porézním substrátem, může se snadno stát, že podstatně menší a proto pohyblivější molekuly barviva proniknou hlouběji než objemnější částice pigmentu. Následkem této separace může dojít k výrazné změně barevného odstínu, ale tato změna je na různých médiích různá, proto má výtisk na různých papírech různé barvy.



Pigmentovaný inkoust obsahuje částice pigmentu rozptýlené do roztoku barviva



Při interakci pigmentovaného inkoustu s porézním substrátem může dojít k separaci barvonosných složek

Konfigurace inkoustových sad

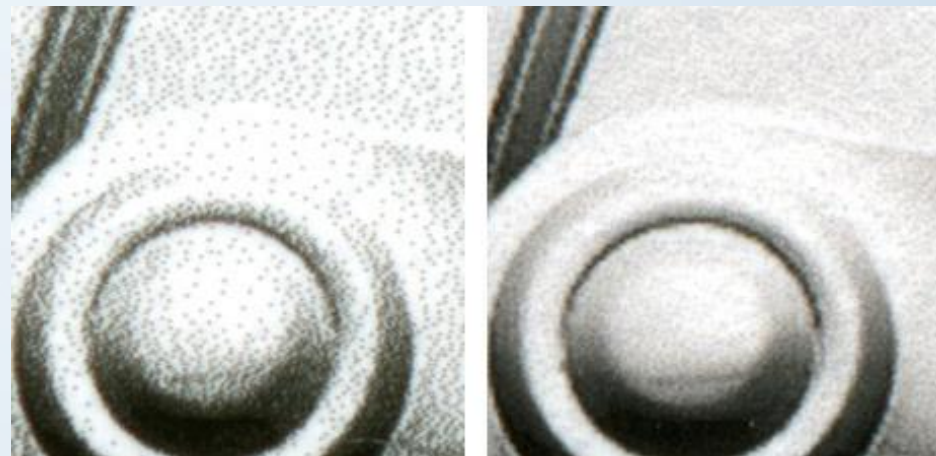
- barevná reprodukce v případě inkoustového tisku vychází ze subtraktivního modelu. A stejně jako v případě ostatních tiskových technik i v případě inkoustového tisku není dostatečná konfigurace primárních barev CMY. Praxe ukázala, že neideálnost absorpčních křivek použitých barviv a omezená přijímatost papíru si žádají doplnění černého inkoustu.
- Ve světlých partiích byly jednotlivé tečky frekvenčních rastrů viditelné a působily rušivě. Proto byly stávající konfigurace inkoustů CMYK doplněny o světlé inkousty C a M, tj. inkousty v primárních barvách ale s nižší koncentrací barvonosné složky. Výsledná konfigurace se potom označuje např. zkratkou CcMmYK. Pro tisk světlých partií reprodukováného obrazu se tedy přednostně použijí tyto zředěné inkousty, takže rastr může být při stejné optické hustotě hustší, aniž by byly jednotlivé kapičky viditelné.
- Konfigurace CcMmYK se ukázala jako velmi robustní a byla přijata v podstatě všemi výrobci. Tiskárny pracující s touto konfigurací jsou právem označovány jako **fotorealistické**. V další fázi vývoje někteří výrobci ještě sadu rozšířili o „světlou černou“, čili šedou, na konečnou konfiguraci CcMmYKk. Příspěvek šedého inkoustu se příznivě projevuje zejména při reprodukcích černobílých fotografií.
- Zvláštní vývojovou větví jsou tiskárny vysokého rozlišení a malých inkoustových kapiček. Používají pigmentovou inkoustovou sadu CMYK rozšířenou o červený a modrý inkoust, tedy CMYKRB. Tiskárna dosahuje vysokého rozlišení a malých kapek, takže zředěné inkousty nejsou potřeba. Navíc primární inkousty v aditivních barvách R a B zvětšují barevný gamut v červené a modré oblasti (příp. ještě zelené a oranžové), protože jejich sytost a čistota barevného tónu je vyšší, než kdyby se červená resp. modrá získávala sůtiskem MY, resp. CM.

Černobílý tisk

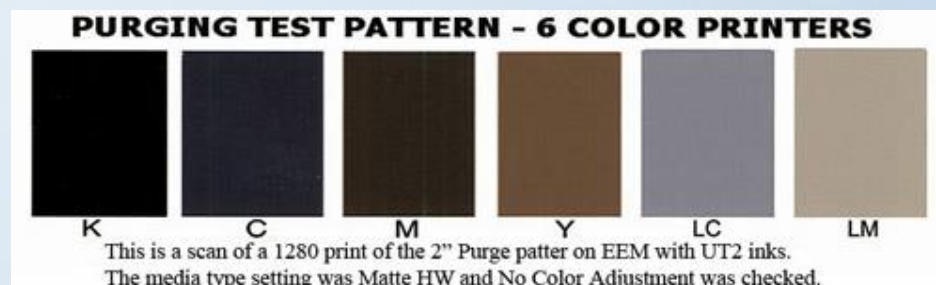
Černobílá reprodukce zhotovená pomocí tiskárny s barevnou inkoustovou sadou trpí dvěma základními problémy: barevné odchylky od neutrální šedé a metamerie. Barevné odchylky od neutrální šedé se v lepším případě projevují jako stejnoměrný barevný nádech do určitého barevného tónu, v horším případě mají stíny jiný nádech než světla.

Problém metamerie, tj. rozdílného zbarvení pod různým osvětlením, protože se na tisku šedé škály podílejí i barevné inkousty. Oběma problémům se lze vyhnout tiskem v režimu black only (BO). V tomto režimu tiskárna použije pouze černý inkoust, ale objeví se jiný problém: při tisku pouze černým inkoustem je v kritických velmi světlých tonálních přechodech patrné rastrování, což je profesionální zákazníci nepřijatelné.

Uvedené problémy vedly k návrhu speciálních inkoustových sad pro černobílé fotografické reprodukce. Tyto sady jsou často označovány jako „quadtone“ nebo „hextone“, podle toho, jestli jsou určeny pro čtyřbarevné nebo šestibarevné tiskárny. Podstata jejich fungování je prostá – černý inkoust zůstává zachován, ale barevné inkousty CMY, resp. CcMmY jsou nahrazeny třemi, resp. pěti šedými inkousty s odstupňovanou koncentrací barvosné složky. Výsledky tisku takovými inkoustovými sadami jsou překvapivě dobré a mnoho profesionálních fotografií je neváhá přirovnat ke klasickým stříbrným černobílým fotografiím.



Při tisku pouze černým inkoustem je patrné rušivé rastrování, při tisku QUADtónovou sadou nikoli.



Inkoustová sada pro černobílý tónovaný tisk UT2 (výrobce MIS) používá černý inkoust, tmavě a světle hnědý (čistý uhlík), tmavě a světle modrošedý (uhlík obarvený modrým pigmentem) a ve žluté pozici sépiový tónovač

Inkoustová tisková média

Nosné podložky

- Dominantní roli hraje RC papír v oblasti tzv. fotopapírů a pro extrémní požadavky na kvalitu je k dispozici několik tiskových materiálů na PES podložkách. Tyto podložky se v oblasti inkoustového tisku souhrnně nazývají *barrier type*, protože představují bariéru pro průnik inkoustu pod přijímací vrstvou.
- Pro potřeby *fine-art* tisků existuje široká nabídka speciálních bezdřevých papírů nebo papírů z hadroviny (tzv. *photo-rag*), které tvoří ekvivalent k populární *FB- fiber based* (barytovaný papír). Tyto podložky nemají přirozeně bariérovou funkci – při tisku je sice barvonosná složka inkoustu zachycena především v horní přijímací vrstvě, ale pohyblivější rozpouštědlo může proniknout hlouběji do profilu papírového nosiče.

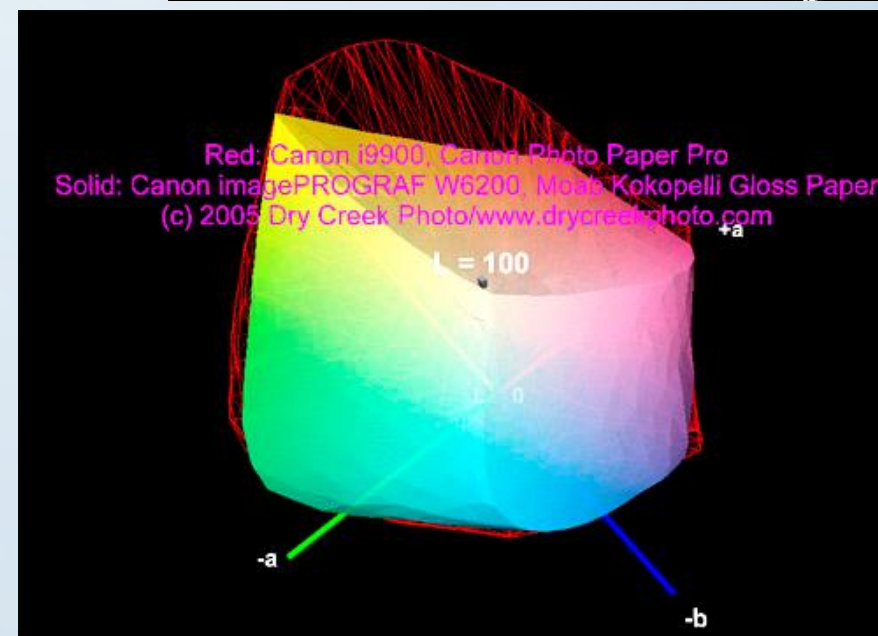
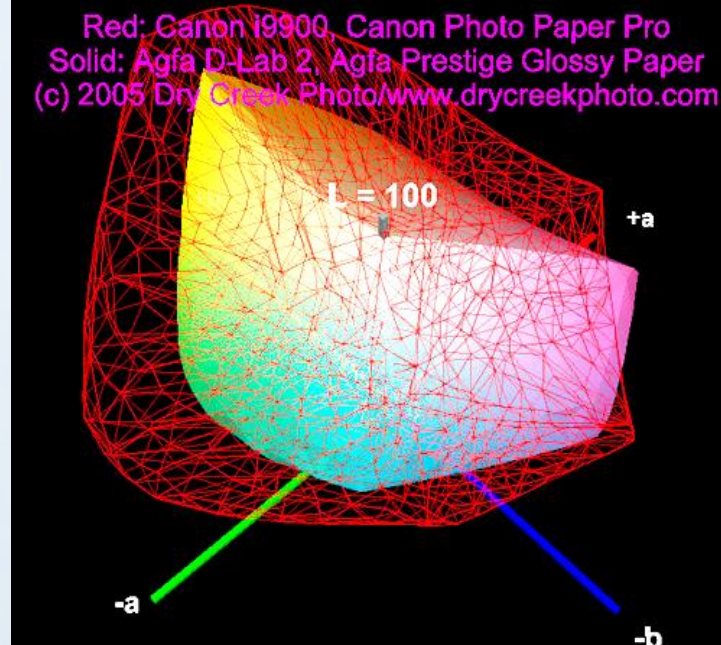
Přijímací vrstvy

- Přijímací vrstvy *fine-art* papírů nesených na podložkách z kvalitních nebo bezdřevých nebo hadrovinových papírů jsou formulovány tak, aby zachovávaly přírodní matný povrch a strukturu kvalitních papírů použitých na podložky. Matné přijímací vrstvy obsahují velmi málo polymerního pojiva a vysoké procento konvenčního minerálního plniva. Tím je zaručena kompatibilita jak s *dye-*, tak s *pigment-based* inkousty.
- Pro *dye-based* inkousty se používají přijímací vrstvy na bázi hydrofilních polymerů. Tyto přijímací vrstvy se potom nazývají *swellable polymer type*. Při interakci s inkoustem dojde k nabobtnání potištěného místa rozpouštědlem a barvivo difunduje do vzniklého gelu.
- *Microporous*. V hydrofilním polymeru jsou rozptýleny vysoce porézní mikrokapsule, jejichž póry jsou větší než rozměry pigmentových částic. V praxi se využívalo např. zeolitů, které jsou však nyní nahrazovány syntetickými sorbenty, které výrobci označují např. poněkud zavádějícím termínem *mikrokeramické nanočástice*. „Nano“ se zde vztahuje spíše k velikosti pórů než k velikosti vlastních částic. Hydrofilní polymer plní již pouze funkci pojiva a zajišťuje lesklý povrch vrstvy, fixace inkoustu potom probíhá výhradně v mikropórech sorbentu. Tento přístup se ukázal jako velice vhodný a dobře použitelný i pro *dye-based* inkousty

Velikost barevného gamutu

- V oblasti fotorealistického tisku hraje zásadní roli velikost barevného gamutu. Pokud má inkoustová technologie nahradit mokrý fotografický proces, musí se mu z tohoto hlediska přinejmenším vyrovnat.
- Inkoustové sady založené na dye-based inkoustech v podstatě od svých začátků tento požadavek splňovaly. Moderní inkoustové sady založené na dye-based inkoustech nabízejí v některých případech dokonce větší barevný gamut než klasický mokrý fotografický proces. Samozřejmě existují rozdíly mezi jednotlivými inkoustovými sadami různých výrobců a i klasický fotografický proces existuje v několika variantách. Gamut těchto klasických materiálů také silně závisí na metodě jejich osvitů.
- Jiná je situace na poli pigmentových inkoustů. Zatímco v případě dye-based inkoustu je inkoust analytickým roztokem a v podstatě každá molekula barviva je přístupná interakci s dopadajícím zářením, v případě mikročástic pigmentu může interagovat pouze povrchová „slupka“ pigmentových částic. Z tohoto důvodu se vývoj soustředil na přípravu velmi jemných pigmentových částic. Díky těmto krokům se podařilo přiblížit gamut moderních pigmentových inkoustových sad na úroveň dye-based inkoustů.

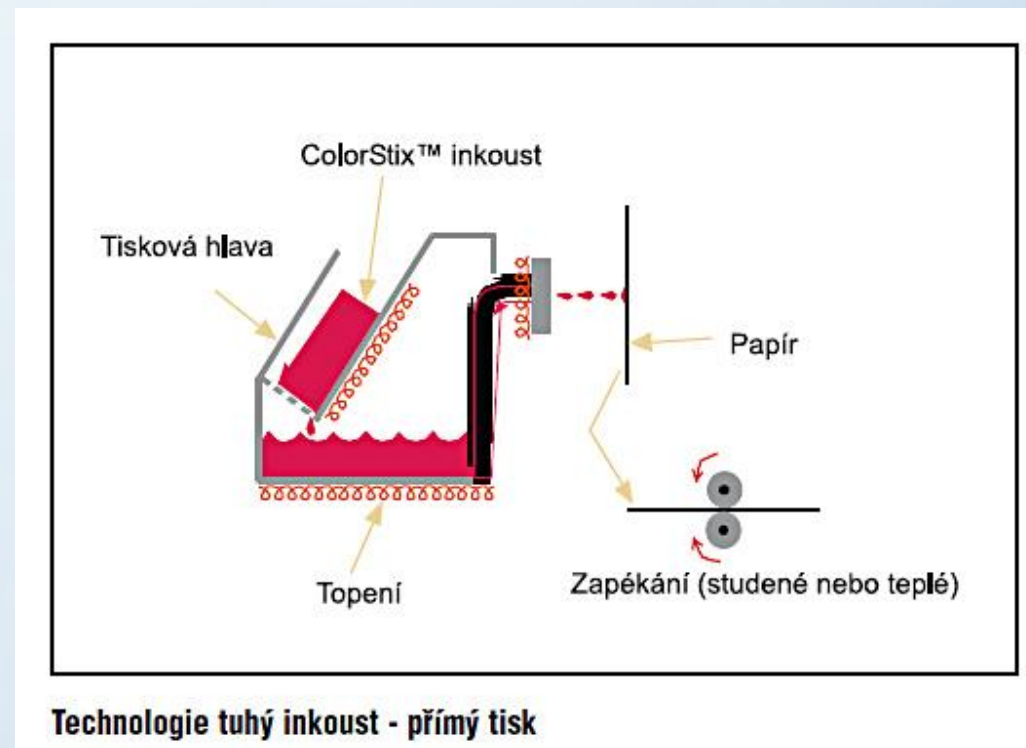
Srovnání gamutů mokrého procesu RA-4 s dye-based tiskem



Srovnání gamutů dye-based a pigment-based inkoustů téhož výrobce 17

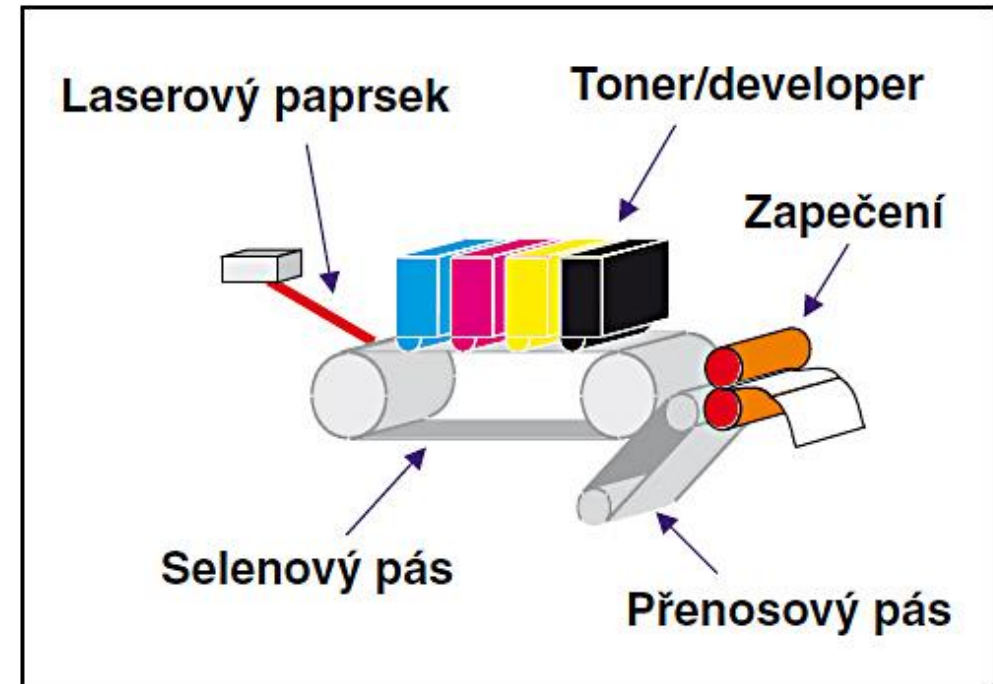
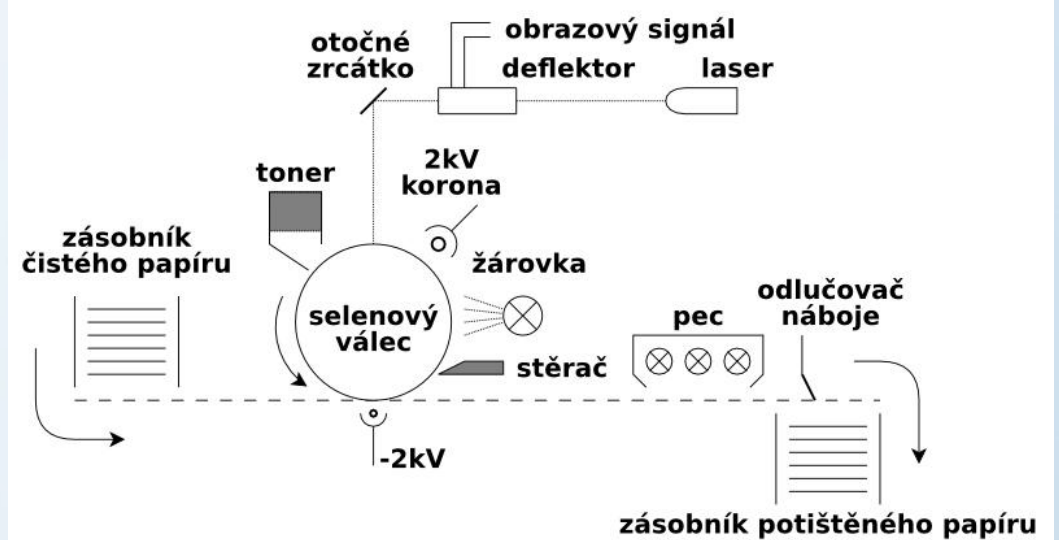
Tuhý inkoust

- Tuhý inkoust je v podstatě barevný vosk speciálního složení.
- Tato technika používá k tisku, který je velmi kvalitní a dává jasné barvy. Vosk je rozeřtán na specifickou teplotu a tiskovou hlavou stříkán na papír, kde okamžitě opět tuhne. Protože vosk tuhne rychle, nemá čas se na papíru rozpít a tisky tak zůstávají jasné, čisté a přesné ve tvaru a velikosti.
- **Výhody tuhého inkoustu:**
 - Tisk na papír či medium jakékoli gramáže a povrchové úpravy
 - Nízké náklady na stránku
 - Rychlost tisku
- **Nevýhody tuhého inkoustu**
 - Při prvním zapnutí potřebuje až 15 minut k rozeřtání vosku



Laser

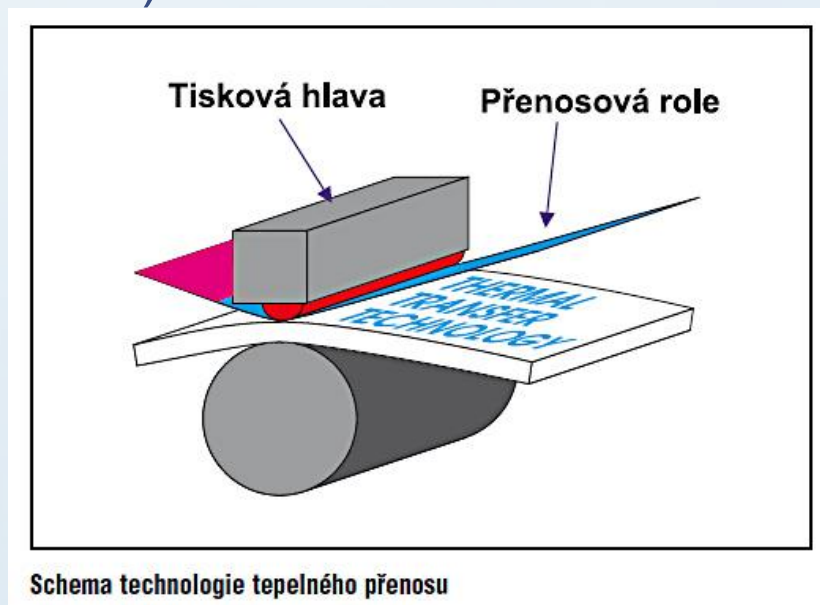
- Fotosenzitivní pás nebo buben je nabit elektrickým nábojem po celé ploše, dále je pomocí laseru vybit tam, kde se bude tisknout. Barevný toner ulpí na vybitých plochách. Toto se opakuje pro každou barvu. Po výsledném složení obrazu jsou tonery elektrostaticky přeneseny na papír. Konečnou fází je zapečení toneru do papíru.
- **Výhody barevného laseru:**
 - Rychlý tisk
 - Tisk na běžný kancelářský papír
 - dobrá kvalita tisku
 - Stálost tisku
- **Nevýhody barevného laseru:**
 - Komplikovaná technologie



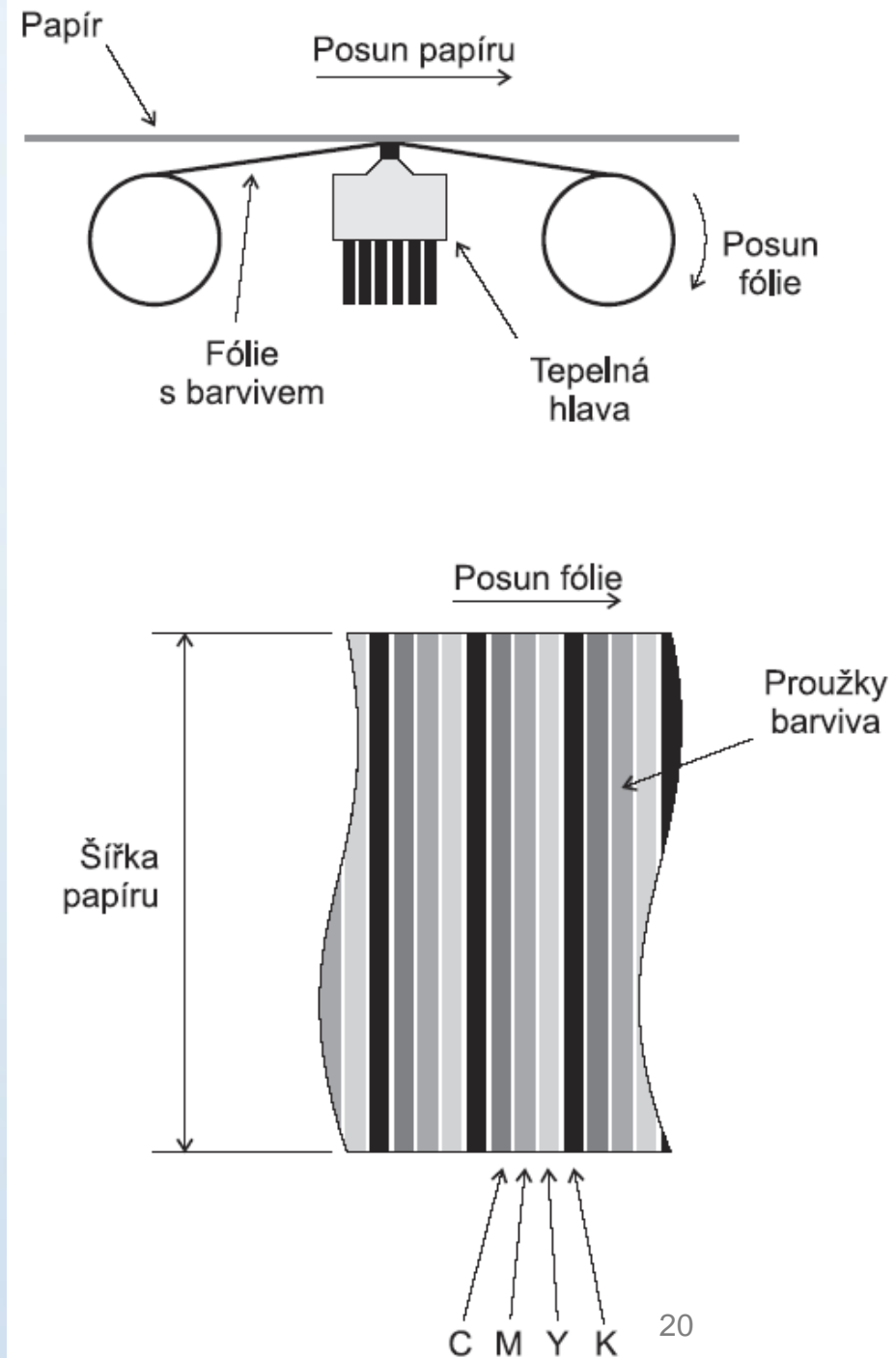
Princip laserové technologie tisku.

Tepelný přenos

Tento typ tiskáren používá k tisku speciální termoplastická barviva, nanesená ve formě proužků na nosné fólii. Barvivo je v přímém kontaktu s papírem. K jeho přenosu na papír dojde pouze v místech, kde je barvivo tepelnou tiskovou hlavou roztaveno. Při tisku se fólie s barvívem postupně posouvá tak, aby nad tiskovou hlavu bylo přiváděno nové barvivo. Při barevném tisku jsou na nosné fólii střídavě nanášeny proužky s barvívem v základních barvách (CMYK).



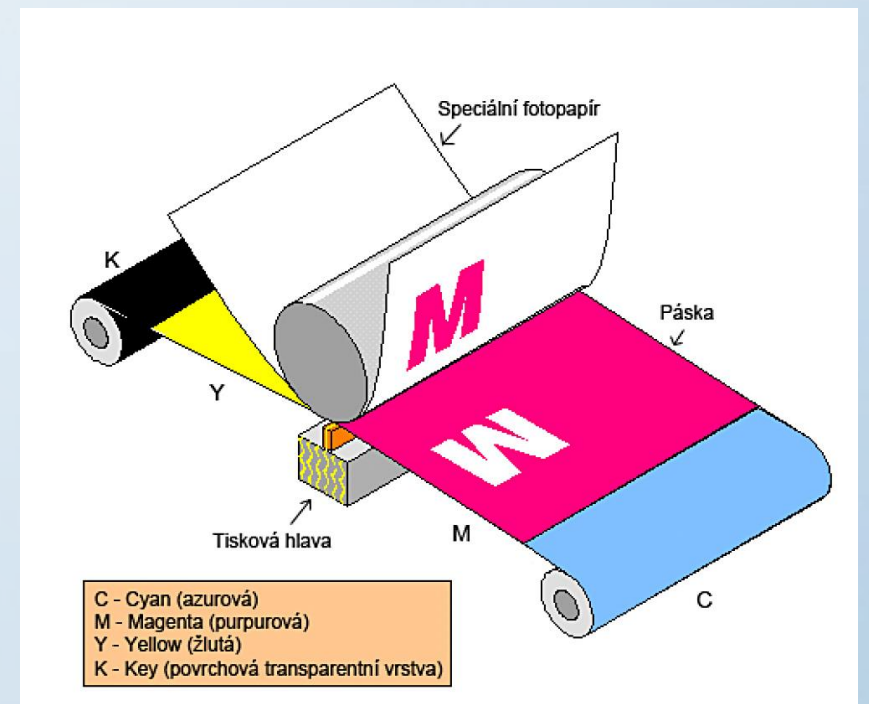
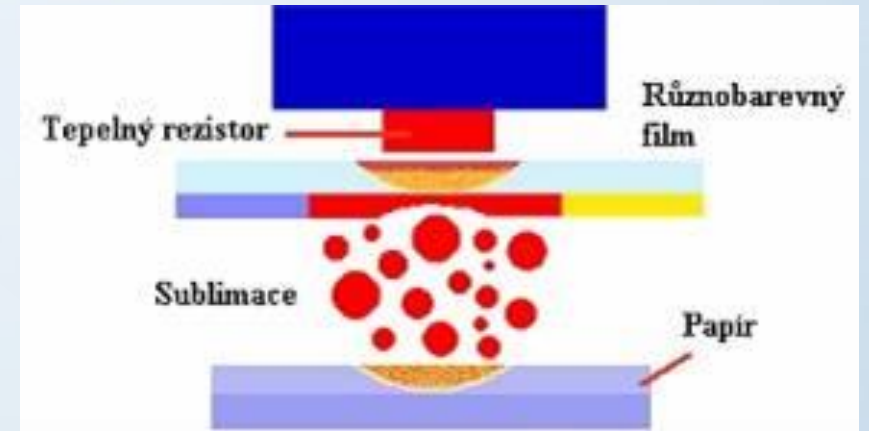
Schema technologie tepelného přenosu



Sublimace barev

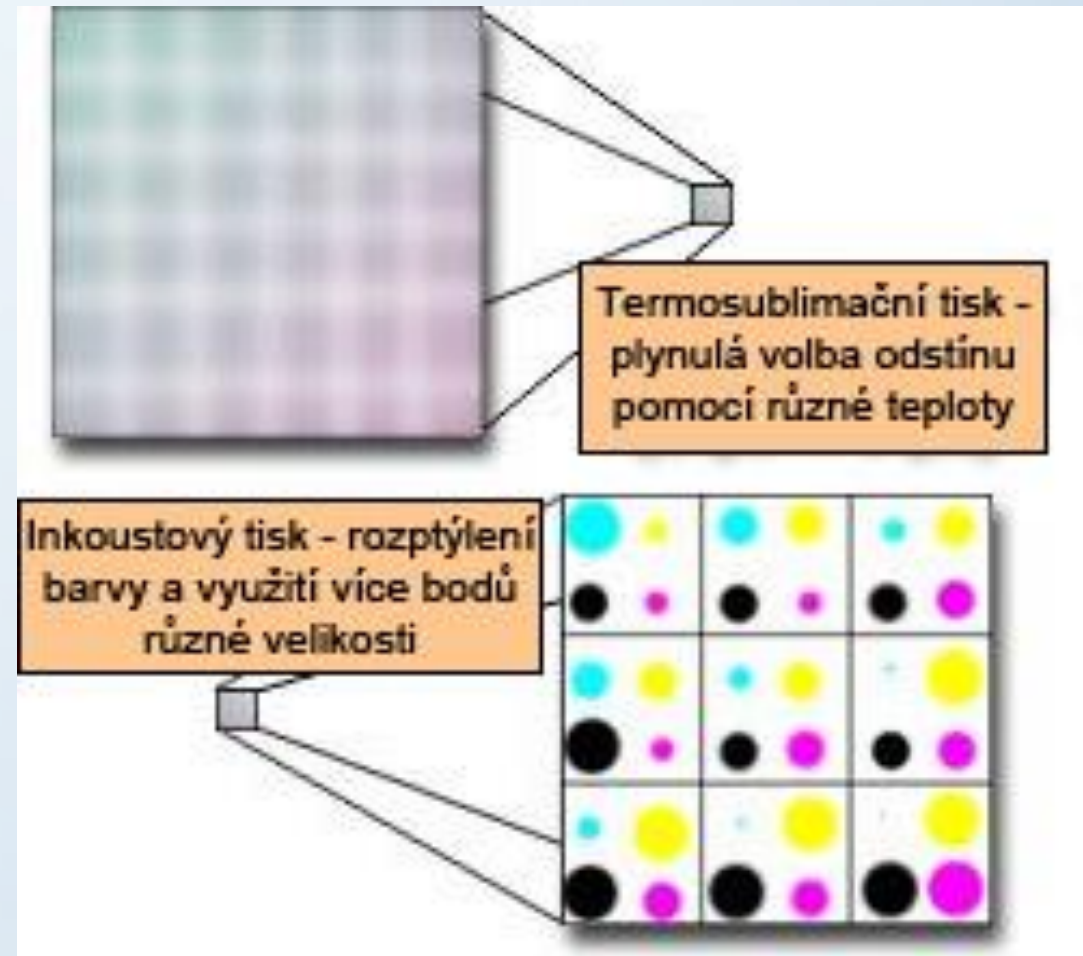
Sublimace barvy produkuje tzv. **continuous tone** tisk ve fotografické kvalitě. Pro vyjádření libovolné barvy není nutné používat rastrování. Pro reprodukci obrazů je kvalita tisku mimořádně vysoká. Princip tisku je obdobný jako u „tepelného přenosu vosku“ s tím rozdílem, že fólie nese panely barvy (nikoli vosku) a největší rozdíl je v tom, že tělíska tiskové hlavy se ohřívají v širokém teplotním rozmezí. Podle teploty tělíska se vypaří z folie definované množství barvy a ta difunduje do papíru.

- **Výhody sublimace barev:**
 - Vynikající, fotografická kvalita tisku
 - Maximální detail obrazu
- **Nevýhody sublimace barev:**
 - Vyžaduje speciální papír
 - Relativně pomalý tisk
 - Vysoké náklady na stránku
 - Konstantní náklady tisku bez ohledu na zaplnění



Výhody termosublimačního tisku

- Výhodou oproti inkoustovému tisku není jen **delší životnost** a **odolnost fotografií**, ale také podstatně **lepší barevný gamut**, který termosublimační tiskárny umí. U inkoustových tiskáren je skládání barev založeno na velikosti a (nebo) počtu bodů, protože nelze nijak ovlivnit odstín tištěné barvy.
- Tisková hlava u termosublimační tiskárny má možnost změny teploty, čímž se mění i odstín aplikované barvy (většinou 256 úrovní). Barvy je možné překrývat a dosáhnout tak velmi dobrého výsledku, který je srovnatelný s profesionálním fotolabem.



Rozdíl technologií nanášení barev mezi termosublimačním a inkoustovým tiskem

Nevýhody termosublimačního tisku

- Médium musí vždy odpovídat velikosti pásky a není tak možná **žádná flexibilita**
- Použitou pásku **nelze recyklovat**. To by v malém množství až tak nevadilo, ovšem pásky se využije docela hodně a navíc se nemusí některá barevná část při tisku vůbec použít a bude znehodnocena
- Páska tak má **fixní náklady** nehledě na využití nebo nevyužití dané části,
- Nízká rychlost tisku – tisk trvá kolem jedné minuty



Z otisku na použité pásce je možné snadno zjistit, co bylo tištěno