**Slitiny kovů používaných ve spirálkách e-cigaret a jejich toxikologické vlastnosti a rizika pro zdraví uživatele**

# Slitiny drátů využívaných ve spirálkách elektronických cigaret

##  Ni80

Při vyžhavování slitiny niklu a chromu dochází k jejich zahřátí a dochází k reakci se vzdušným kyslíkem a vznikají oxidy těchto látek obsažených ve slitě oxidy. Rovnice vzniku jsou uvedeny pod textem. Díky oxidaci látek obsažených ve slitě dochází při vyžhavování k jejich zabarvení a vytvořením mikroskopické pasivační vrstvy na drátu, která je chrání před korozí pomocí vzdušného kyslíku a organickými sloučeninami. Kdy pro využití v elektronických cigaretách se využívá především slitina s obsahem niklu 75-78% a obsahem Cr 20-23% a zbytek do 100 procent tvoří Fe. Teplotní stabilita Ni80 tento kov je velmi stabilní a do 1455°C, kdy dochází k jeho tání. Jeho toxikologické vlastnosti jsou dány na základě přijmu tohoto kovu do organismu, kdy nejbezpečnější je perorální příjem (příjem ústní dutinou), nebezpečí nastává, při inhalačním cestě přijmu tohoto kovu a jeho sloučenin především oxidu nikelnatého, toto platí i pro chrom. U této slitiny je další nevýhodou kovů v nich obsažených jejich schopnost chovat se jako katalyzátory, kdy při určitých podmínkách může docházet k degradaci liquidu na radikály a vzniku jiných sloučenin. Zejména se tento efekt projeví u velmi degradovaného drátu, kde se vyskytuje velké množství volných částic kovů z drátů, kdy se právě uvolněné a rozptýlené částice chovají jako katalyzátory a ještě díky vyšší teplotě v okolí spirálky může dojít k nežádoucímu vzniku radikálů a přeměně látek vdechovaném aerosolu.

$$2 Ni+O\_{2}\rightarrow 2 NiO$$

$$4 Cr+3 O\_{2}\rightarrow 2 Cr\_{2}O\_{3}$$

$$2 Cr+3 O\_{2}\rightarrow 2CrO\_{3}$$

##  SS316 L

Při vyžhavování nerez oceli SS316 dochází opět k tvorbě oxidů jako u předchozí slitiny a tyto oxidy mají stejný účel, ochraňují spirálku před korozí pomocí vzniku oxidů. Tvorba jednotlivých oxidů je na základě složení. Slitina SS 316L je složena z uhlíku s hmotnostním zastoupením okolo 0,03%, křemíkem s hmotnostním zastoupením 1%, Mangan okolo 2%, Chrom s hmotnostním zastoupením 16,5-18,5 %, Molzbdem s obsahem 2,5-3%, Nikl s obsahem 10-15%. S nejvetší pravděpodobností budou vznikat oxidy od nejvíce zastoupených kovů nejběžnější oxidy, jsou znázorněny na rovnicích níže. Nejvíce problematickými kovy v tomto typu drátu budou právě opět nikl, chrom a molybden, ale ten nemusí být přítomen ve všech typech slitiny SS316 L. Jak již bylo zmíněno u slitiny Ni80 nejvyšší zdravotní riziko pro kovy v této slitině je opět inhalační vstup do organismu. Teplota tání této oceli je okolo 1500°C

$$2 Ni+O\_{2}\rightarrow 2 NiO$$

$$4 Cr+3 O\_{2}\rightarrow 2 Cr\_{2}O\_{3}$$

$$2 Cr+3 O\_{2}\rightarrow 2CrO\_{3}$$

$$4 Fe+3 O\_{2}\rightarrow 2 Fe\_{2}O\_{3}$$

##  Kanthal

Opět zde dochází při vyžhavení tvorbě oxidů na základě složení této slitiny. Kanthal se skládá ze železa s hmotnostním obsahem 60-70% a chromu s obsahem 20-30% a ve slitině se také nachází hliník s obsahem okolo 4-7,5% a dále se zde vyskytuje i malé množství kobaltu, kdy u tohoto kovu  díky nízkému obsahu ve slitině jsou jeho toxikologické vlastnosti zanedbatelné. Teplota tání této slitiny se pohybuje okolo 1000°C.

$$4 Fe+3 O\_{2}\rightarrow 2 Fe\_{2}O\_{3}$$

$$4 Cr+3 O\_{2}\rightarrow 2 Cr\_{2}O\_{3}$$

$$2 Cr+3 O\_{2}\rightarrow 2CrO\_{3}$$

$$4 Al+3 O\_{2}\rightarrow 2 Al\_{2}O\_{3}$$

##  Titan

U titanu je výhodou, že je složen pouze z jediného prvku o čistotě 99,5% a zbylých 0,5% je tvořena dalšími kov jako je železo, hliník. U tohoto kovu bude vznikat v primárně množství jeden oxid a to oxid titaničitý, vznik tohoto oxidu je popsán rovnicí níže. Výhodou tohoto kovu je vysoká teplotní odolnost, kdy teplota tání tohoto kovu se pohybuje okolo 1667°C. Nevýhodou tohoto kovu je tvorba již výše zmíněného oxidu. Oxid titaničitý je velmi toxickou sloučeninou při inhalačním požití a je podezřelí z mutagenity a karcinogenity. Toxikologické vlastnosti tohoto oxidu budou probrány dále v kapitole č. 3

$$Ti+O\_{2}\rightarrow TiO\_{2}$$

# Doporučení při výběru kvalitních materiálů a omezení zdravotních rizik

Obecně pokud se rozhodujete pří výběru odporového drátu pro výrobu spirálek a nebo v případě nákupu již předmotaných spirálek, dbejte na co nejvyšší kvalitu těchto drátů. Berte v potaz, že dané slitiny v určitých zemích dosahují nižších kvalit a můžou se zde vyskytovat i jiné a toxičtější kovy jako je kadmium, arsen, kobalt a olovo. Pokud uvažujete o koupi drátu, zaměřil bych se na kvalitní evropskou a americkou produkci a spíše se vyvaroval produkci z Číny a asijských zemích kde jsou používány nekvalitní materiály s vyššími obsahy kovů jako je kadmium a arsen a kupujte dráty ve specializovaných obchodech a ne někde v obyčejném železářství vždy zdraví je na prvním místě a peníze až na druhém. Je lepší si připlatit pár korun a nehazardovat se svým životem. K oxidaci a degradaci drátů již z výše zmíněných slitin dochází v atomizéru velmi vzácně, ale není vyloučena a to v případě kdy atomizér necháte delší dobu alespoň několik měsíců stát s liquidem po delší době v řádu několika měsíců může dojít k oxidaci působením organických sloučenin v liquidu. Z tohoto důvodu pokud plánujete atomizér se spirálou odstavit tak bych doporučil z atomizéru vylít liquid a vyndat vatu a spirálu vyžhavit a nechat v atomizéru. V nejlepším případě vyhodit spirálu a nechat atomizér bez spirály. Je velmi těžké vybrat materiál pro spirálu osobně bych se přikláněl k SS316L, ale pokud se nezanedbá údržba u ostatních druhů slitin pro spirálky lze využít všechny uvedené kromě čistého titanu tomu bych se kvůli velkým zdravotním rizikům vyhnul. U spirálek z kanthalu Ni80 bych měnil častěji alespoň 1 týdně oproti materiálu, ale i dříve, než spirálky z nerez oceli z důvodů popsaných výše. K nerezu se kloním díky nižším obsahům přidaných kovů a železo není tolik toxické a je ve velké míře obsaženo v hemoglobinu a tělo má vyvinuté velmi mechanismy na odbourání tohoto kovu z organismu.

# Obecné toxikologické vlastnosti niklu a chromu, železa a manganu a jejich oxidů se speciálním zaměřením na inhalační toxicitu. Dále toxicita kovů jako je arsen, kadmium, kobalt a olovo v nekvalitních drátech.

**Nikl**

Absorpce toho kovu je závislá na jeho fyzikálně-chemických vlastnostech nejvíce absorbovány jeho rozpustné formy. Do těla se tento kov dostává několika cestami, kdy nejběžnější expoziční cestou je perorální podání, kdy se tento kov do organismu dostává příjmem z potravin tato cesta přijmu, se řadí mezi bezpečnější. Letální dávka pro perorální požití pro 50% jedinců (LD50) se pohybuje okolo 9 g/kg pro člověka o váze 70 kg by musel přijmou perorálně 630 g čistého niklu aby došlo k úmrtí u 50% lidí u oxidu nikelnatého se LD50 okolo 5 g/kg a u inhalační expozice již jenom 5,5 mg/l vdechovaného vzduchu. Mnohem horší cestou příjmu především pro nás vapery je inhalační cesta, která je mnohem nebezpečnější než ta perorální. Kožně se nikl a oxid nikelnatý velmi špatně vstřebává a působí pouze dráždivě na pokožku za vzniku dermatitidy tento efekt je vyvolán pouze u lidí s vysokou citlivostí na tento kov. U akutní otravy niklem při perorálním podání dochází k nevolnosti, zvracení, bolest břicha, průjmu, bolestem hlavy, kašli, dušnosti a závratím. Kdy při přijmu potravy dochází k 15 procentní absorpci sloučenin niklu v trávicím traktu a zbytek projde trávicím traktem bez absorpce do organismu.

**Inhalační toxicita**

Inhalační toxicita hraje velmi významnou roli v toxikologickém působení tohoto kovu a jeho sloučenin, kdy rozpustné sloučeniny jako jsou sírany a dusičnany a chloridy (tyto sloučeni se při vapingu nevyskytují) jsou velmi rychle z plic odvedeny pryč a zůstává zde pouze 0,1% původního množství těchto sloučenin. Mnohem větší nebezpečí hraje oxid nikelnatý, který vzniká při vyžhavování spirály a vytváří na ni vrstvu tohoto oxidu a je postupně uvolňován z povrchu při užívání e-cigarety. Denní příjem tohoto kovu při vapingu je popsán ve studii (Metal Concentrations in e-Cigarette Liquid and Aerosol Samples: The Contribution of Metallic Coils). Kdy dojde k uvolnění 48 µg/kg niklu ze spirálky za den do aerosolu a v tanku se nachází 49 µg/kg. Na jeden potach z e-cigarety vychází koncentrace kovu v aerosolu na 0,03 µg/kg výpočet je uveden ve studii. Z provedených analýz není možné určit formu kovu nacházející se v aerosolu.

Při inhalaci především oxidu niklu, který vzniká na spirále dochází k jeho rozvedení po plicích a následnému zadržování asi 20% přijatého oxidu tohoto kovu kdy tento kov zůstává v plicní tkáni ve formě špatně rozpustného oxidu nikelnatého. Z přijatých 20% zůstává nadále v plicích 45% tohoto množství po dobu 45 dnů. Kdy právě doba zdržení hraje hlavní roli v jeho toxicitě, když kov déle zůstává v plicní tkáni, dochází k jeho interakci s lipidy v plicích a následné peroxidaci těchto lipů (oxidativní štěpení lipidů za vzniku radikálu OH. alkylových radikálů a peroxidových radikálů) Tyto radikály následně interagují z DNA a dochází k narušení její struktury při replikaci a vzniku mutací, které mohou vést až k rakovinotvornému bujení. Oxidy a částice tohoto kovu jsou napadány makrofágy a může docházet k zánětu plicní tkáně. Makrofágy po pozření molekuly oxidu začnou vypouštět do okolí molekuly monokinů a tím dojde k stimulaci T a B-lymfocitů a aktivaci dalších makrofágů, které začnou útočit na další molekuly oxidu nikelnatého a tím dojde k rozvoji imunulogické rekce kdy B-lymfocity produkují imonoglobulin E (IgE) který se naváže na buňky vlastního těla a dojde k uvolnění mediátorů zánětu ([histamin](https://www.wikiskripta.eu/w/Histamin), [serotonin](https://www.wikiskripta.eu/w/Serotonin), [prostaglandiny](https://www.wikiskripta.eu/w/Prostaglandiny), [leukotrieny](https://www.wikiskripta.eu/w/Leukotrieny)) a tím k rozvoji alergické reakce a astmatu. U koncentrací tohoto kovu je vyšší než běžných cigaret a jsou zde potenciální zdravotní rizika, která mohou být dosti významná.

**Metabolismus niklu a jeho oxidu**

Po příjmu niklu do organismu dojde k jeho distribuci v závislosti na druhu příjmu v případě perorálního podání projde gastrointestinální traktem s 15% absorpcí, jak již bylo zmíněno výše a neabsorbovaný kov projde trávicím traktem beze změny a je vyloučen stolicí. Při absorbci z plic nebo z gastrointestinálního traktu přejde do krve kde je vázaný na plazmatický albumin a v tkáních je transportován pomocí α2-makroglobulin dále jsou popsány jeho interkace s proteiny. Nikl není kumulativním těžkým kovem a je vyloučen z těla ven buď močí nebo potem a dále jak již bylo zmíněno stolicí. Močí a potem je vyloučena jeho forma navázána na specifický metalothioneiny (enzym obsahující aminokyselinu cystein, která ve své molekule obsahuje síru a je schopna vázat na sebe kovy) v játrech a odchází do krve a je krví transportován do ledvin, kde se filtrací v ledvinách (glomerulární filtrací) odstraní z těla.

**Chrom**

Chrom v oxidačním stavu Cr3+ se vyskytuje běžně v organismu a je velmi důležitým biogenním prvkem a účastní se vstupu inzulínu do buněk a ovlivňuje jeho funkci. Toxicita tohoto kovu je závislá na oxidačním stavu, kdy chrom oxidačním stavu tři (Cr3+)je méně toxický než jeho šestimocná forma Cr6+ u vyžhavování spirálky bude docházet k oxidaci do obou forem, kdy pravděpodobně bude převládat forma Cr3+. Jak již toho bylo uvedeno u niklu se jeho toxicita zvyšuje při inhalační expozici oproti perorální toxicitě dermálně se chrom podobně jako nikl špatně vstřebává. Kdy LD50 chromu se pohybuje v rozmezí 21-249 mg/kg v závislosti na sloučenině nejvíce toxická sloučenina s LD50 jsou dichromany. U chromu fungují stejné mechanismy jako tomu bylo u niklu. Kdy se při inhalaci dostává hluboko do plicní tkáně v závislosti na velikosti částic kdy do velikosti částic okolo 10 µm nejsou zase tolik závažné dochází k jejich vyloučení z těla vykašláním. Zatímco částice o velikosti pod 5 µm procházejí hlouběji do plic. V plicích se absorpce chromu zvyšuje a dochází ke zdržení v alveloách plic až několik dní a tím dochází k poškozování buněk, které vede k oxidativnímu stresu a vytváření radikálů kyslíku které mohou peroxiovat lipdy jako tomu bylo u niklu. Chrom sám o sobě není schopen poškodit DNA ani jeho oxidy, karcinogenní účinky jsou potvrzeny pouze u šestimocného chromu u trojmocného se nepředpokládá jeho karcinogenita. Jak již bylo zmíněno chrom a jeho oxidy samostatně nejsou karcinogenní. Jejich karcinogenita se projeví až při vstupu do buněk, kde interagují s kyselinou askorbovou, cysteinem, glutathionem, kdy dochází k redukci tohoto kovu na nekarcinogenní trojmocný chrom, při tomto procesu dochází k tvorbě velkého množství reaktivních produktů, které mají schopnost již interagovat s DNA a vytvářet mutace a zlomy v molekule DNA. Další mozností je navázání šestimocného chromu na peptidové sekvence histonů (látky bílkovinné povahy které vytvářejí chromozom) nebo jaderných proteinů to vede k tvorbě opět genotoxickým aduktům a navázání na DNA, která pat ztrácí svoji funkci replikace a následné transkripce do RNA a translaci RNA do bílkovin které ztrácejí svoji formu a mohou se podílet na vzniku rakovinného bujení. Trojmocná forma při kontaktu s plicní tkání vyvolává stejný efekt, který byl již popsán u niklu a v kontaktu s kůží vyvolává dermatitidy, zatímco šestimocný chrom kůží projde a je mnohem lepším alergenem pro kůži a plicní tkáň. Pro slečny vaperky je tento kov nebezpoečný především v těhotenství, kdy velmi ochotně přechází přes placentární bariéru a může působit na plod teratogeními ůčinky a poškodit plod a v nejhorším případě může dojít až k samovolnému potratu.

 Kdy dle výše studie obsahu kovů v areosolu jsou v obsahu 36 µg/kg v areosolu zatímco v tanku se nacházelo 49 36 µg/kg. Jednomu potahu odpovídá 0,005 µg/m3. Bohužel není možné určit pomocí metody ICP-MS, která oxidační forma ve vzorku převažovala.

**Metabolismus chromu**

Cr3+ se dostává do organismu hlavně přes trávicí trakt. Místem nejvyšší sorpce je v tenkém střevě. Chrom je sorbován ve střevě okolo 0,4-2,0 % pro anorganické formy chromu v případě navázání chromu na organickou molekulu dochází k 10 krát větší sorcpci a to z důvodu jeho větší biologické dostupnosti. Přítomnost aminokyselin, kyseliny askorbové, vysoké hladiny cukru, oxalátů a aspirinu resorpci Cr zvyšují, zatímco fytáty a antacida (hydrogenuhličitan sodný, hydroxid hořečnatý) resorpci snižují.

Sorbovaný chrom cirkuluje v krvi vázaný na β-globulin v krevní plazmě a do tkání je transportován pomocí transferinu a jiných bílkovinových komplexů. Chrom je z krve poměrně rychle vychytáván kostmi, současně se kumuluje ve slezině, játrech a ledvinách. V kostech, varlatech, pokožce, ledvinách je doba po kterou zde zůstává uložen několik týdnů než srdci, plicím, pankreatu nebo mozku kde setrvává po několik dní. Okolo 80% chromu se vyloučí z organismu močí a potem

**Železo a Mangan**

Je společně s chromem biogenním prvkem a jeho zvýšený příjem ze spirálek ze slitiny SS316L a nebo SS304 nehraje nijak významnou toxikologickou roli. Příjem ze spirálek bymusel být v řádech několik gramů aby došlo k projevu toxicity. Ani jeho oxidy nejsou nějak významně toxické v množstvých uvolněných ze spirálek a vznikající částice nevykazují nějaká významná toxikologické a karcinogenní účinky. Popsané onemocnění při vysokém přijmu se nazývá nemoc slévačů, ktrá vzniká při vdechování velkého množství prachu s oxidu železitého a dochází tak k rozvoji plicní fibrózy a chronickému zánětu dolních cest dýchacích a následné rozedmy plic. Tato nemoc u nás vaperů nemůže vzniknout a to z důvodu, že příjem tohoto kovu ze spirálek je ve velmi malých koncentracíh a to okolo 33 µg/kg v areosolu. Z tohoto důvodu jsem doporučoval spíše využívat spirálky z nerez oceli oproti kanthalu, titanu a Ni80. Co se týče manganu tak ten se chová prakticky stejně kdy je též biogenním prvkem a jeho oxidy nejsou toxické ne alespoň v množství které získá vaper z cívky při vysokých koncentracích již tento kov jako i železo jsou toxickými. Největším nebezpečím přijmu vysokých koncentrací tohoto kovu vede k jeho nadměrnému ukládání v těle a to v játrech, kostech a mozku, kde se při vysoké koncentraci se stává neurotoxickým a způsobuje onemocnění podobné Parkynsonově chorobě. Příjem manganu z cívky při vapingu se pohybuje okolo 36 µg/kg. Díky malé významnosti pro zdraví vaperů se dále těmito kovy dále zabývat a zaměřím se na toxicitu především kadmia, arsenu olova a kobaltu.